

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

# NÁVRH VĚTRÁNÍ JEDNOHO PODLAŽÍ NEMOCNIČNÍ BUDOVY

*VENTILATION OF A STOREY IN A HOSPITAL BUILDING*

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

*MASTER'S THESIS*

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

***Bc. ONDŘEJ KŘENEK***

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

***Ing. PAVEL CHARVÁT, Ph.D.***

*BRNO2009*



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2008/09

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Křenek Ondřej, Bc.

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Technika prostředí (2301T024)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Návrh větrání jednoho podlaží nemocniční budovy**

v anglickém jazyce:

### **Ventilation of a storey in a hospital building**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Nemocnice a především některé jejich části, jako operační sály nebo laboratoře pro analýzu vzorků, vyžadují zvláštní pozornost jak z hlediska zajištění čistoty vzduchu tak tepelného stavu prostředí. Také větrání ostatních částí nemocnic musí být věnována značná pozornost, protože se větrací systém může značnou měrou podílet na šíření vzduchem přenosných infekcí uvnitř budovy.

Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je na návrh větrání a klimatizace jednoho podlaží nemocniční budovy. Jedná se o větrání dvou operačních sálů, přípravy pacientů, přípravy personálu a přípravy nástrojů. Práce bude obsahovat návrh tlakových diferencí, stanovení potřebných výměn vzduchu, návrh potřebné filtrace vzduchu a regulace celého systému. Součástí práce bude technická zpráva a potřebná výkresová dokumentace.

Seznam odborné literatury:

Publikace zabývající se větráním čistých prostor (knihy, časopisy)

Materiály výrobců zařízení pro větrání čistých prostor.

ČSN EN ISO 14644-1,2,3,4,5,7 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí

ČSN EN ISO 14698-1,2,3 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Regulace biologického znečištění

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne



---

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu



---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá návrhem klimatizace dvou operačních sálů a zázemí operačních sálů. V práci je zpracován úvod do problematiky větrání prostor s definovaným stavem prostředí. Diplomová práce se skládá z výpočtového a projekčního řešení klimatizace daného prostoru. Výpočtová část zahrnuje stanovení množství přiváděného vzduchu do místností, výpočet tepelných ztrát operačních sálů, výpočet tepelné zátěže, psychometrický výpočet letního a zimního provozu zařízení a nadimenzování potrubních rozvodů. Návrhová část obsahuje návrh přívodních a odvodních elementů, zakreslení tras vedení potrubí a návrh vzduchotechnické jednotky. Součástí diplomové práce je výkresová dokumentace.

## **Abstract**

The diploma thesis is focused on the design of air-conditioning systems for two operating theatres and their auxiliary facilities. An introduction to ventilation of clean rooms and other indoor environments with special requirements on environmental conditions and air cleanliness is given at the beginning of the thesis. The thesis contains calculations and proposed design solution of the air-conditioning systems. The calculations include determination of the air flow rates of air supplied into the ventilated spaces, heating and cooling loads of the operation theatres, the psychometric calculations for summer and winter operational conditions and sizing of equipment, piping and ductworks. The design part also includes air distribution elements, pipeline and ductwork routing and packaged air-handling units. The complete drawing documentation is also included in the thesis.

## **Klíčová slova**

Vzduchotechnika, čisté prostory, filtrace vzduchu, nemocnice, operační sál

## **Key words**

Air-conditioning, clean rooms, air filtration, the hospital, operating rooms



### **Bibliografická citace**

KŘENEK, O. *Návrh větrání jednoho podlaží nemocniční budovy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojního inženýrství, 2008. 80 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Charvát, Ph.D.





### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce Ing. Pavla Charváta, Ph.D. a za použití uvedených zdrojů.

V Brně dne 29.5.2009

.....  
Bc. Ondřej Křenek



### **Poděkování**

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Pavlu Charvátovi Ph.D. za ochotu, vstřícné jednání a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Petru Aufovi a Ing. Petru Jevočínovi za cenné rady při tvorbě praktické části práce. Poděkování patří rovněž mým blízkým za podporu během celého studia.



**OBSAH**

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>2. ČISTÉ PROSTORY .....</b>	<b>- 16 -</b>
2.1 HISTORIE ČISTÝCH PROSTOR .....	- 16 -
2.2 DEFINICE ČISTÉHO PROSTORU .....	- 16 -
2.3 POUŽITÍ ČISTÉHO PROSTORU .....	- 16 -
2.4 HLAVNÍ PARAMETRY ČISTÝCH PROSTOR .....	- 17 -
2.4.1 TŘÍDA ČISTOTY .....	- 17 -
2.4.2 TYPY PROUDĚNÍ .....	- 18 -
2.4.3 DIFERENCE TLAKU .....	- 19 -
2.4.4 TEPLOTA A VLHKOST .....	- 19 -
2.4.5 PRŮTOK VZDUCHU .....	- 20 -
2.4.6 HLUK .....	- 21 -
<b>3. TECHNICKÉ PŘEDPISY .....</b>	<b>- 22 -</b>
3.1 ÚVOD .....	- 22 -
3.2 BS 5295 Z ROKU 1976 .....	- 23 -
3.3 BS 5295 – Z ROKU 1989 .....	- 23 -
3.4 FS 209E – Z ROKU 1992 .....	- 24 -
3.5 ČSN EN ISO 14644 – 1 .....	- 24 -
3.6 SROVNÁVACÍ TABULKA MEZINÁRODNÍCH NOREM .....	- 25 -
3.7 PLATNÉ PŘEDPISY PRO NAVRHOVÁNÍ ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ V ČR .....	- 26 -
3.7.1 HYGIENICKÉ PŘEDPISY .....	- 26 -
3.7.2 TECHNICKÉ PŘEDPISY .....	- 26 -
<b>4. ROZDĚLENÍ NEMOCNIČNÍCH PROSTOR .....</b>	<b>- 27 -</b>
4.1 OPERAČNÍ SÁLY V ČR .....	- 27 -
4.2 OVLÁDACÍ PANEL NA OPERAČNÍM SÁLE .....	- 29 -
<b>5. JEDNOTLIVÉ PRVKY VZT PRO ČISTÉ PROSTORY .....</b>	<b>- 30 -</b>
5.1 KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA .....	- 30 -
5.2 FILTRACE VZDUCHU .....	- 31 -
5.3 REGULACE TLAKU .....	- 32 -
5.4 POŽÁRNÍ KLAPKY .....	- 33 -
5.5 POTRUBÍ .....	- 34 -
<b>6. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT A TEPELNÝCH ZISKŮ MÍSTNOSTÍ .....</b>	<b>- 35 -</b>
6.1 POPIS OBJEKTU .....	- 35 -
6.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OPERAČNÍCH SÁLŮ .....	- 36 -
6.3 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE .....	- 39 -
<b>7. DIMENZOVÁNÍ VZT ZAŘÍZENÍ .....</b>	<b>- 40 -</b>
7.1 STANOVENÍ TLAKOVÝCH DIFERENCÍ .....	- 40 -
7.2 STANOVENÍ MNOŽSTVÍ PŘÍVODU A ODVODU VZDUCHU .....	- 41 -
7.3 PSYCHROMETRICKÝ VÝPOČET .....	- 41 -
7.3.1 VLASTNÍ PSYCHROMETRICKÝ VÝPOČET .....	- 42 -

7.4 NÁVRH PŘÍVODNÍCH A ODVODNÍCH ELEMENTŮ .....	- 57 -
7.4.1 NÁVRH LAMINÁRNÍHO STROPU .....	- 57 -
7.4.2 NÁVRH PŘÍVODNÍCH ELEMENTŮ DO ZÁZEMÍ OPERAČNÍCH SÁLŮ.....	- 59 -
7.4.3 NÁVRH ODVODNÍCH ELEMENTŮ OPERAČNÍCH SÁLŮ A JEJICH ZÁZEMÍ .....	- 62 -
7.5 DIMENZOVÁNÍ ROZVODŮ VZDUCHU .....	- 66 -
7.6 ZREGULOVÁNÍ SÍTÍ VZDUCHOVODŮ .....	- 69 -
7.7 NÁVRH KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY .....	- 69 -
<b>7. TECHNICKÁ ZPRÁVA.....</b>	<b>- 70 -</b>
<b>8. ZÁVĚR .....</b>	<b>- 76 -</b>
<b>9. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>- 77 -</b>
<b>10. SEZNAM POUŽITÝCH OZNAČENÍ A SYMBOLŮ .....</b>	<b>- 78 -</b>
<b>11. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>- 80 -</b>
<b>12. SEZNAM VÝKRESŮ .....</b>	<b>- 80 -</b>

## 1. ÚVOD

Větrání čistých prostorů je specifickým odvětvím v oblasti vzduchotechniky. Jeho vývoj jde ruku v ruce s pokrokem především v medicíně, elektrotechnice a vesmírném výzkumu. Problematika čistých prostor ve zdravotnictví má své neodmyslitelné postavení. S objevením mikroorganismů, jako původců infekcí, došli vědci k závěru, že čistota prostředí je jedním z důležitých parametrů, který ovlivňuje lidské zdraví.

Větrání s účinnou filtrací přiváděného vzduchu je rozhodujícím faktorem pro čistotu prostředí. Kromě zabránění mikrobiálnímu znečištění (pomocí vysoce účinných filtrů) zajišťuje optimální mikroklimatické podmínky pro pacienty i personál a přispívá tak k celkové pohodě všech zúčastněných.

Při řešení větrání a klimatizace operačních sálů a jejich zázemí, jež jsou náplní této diplomové práce, se setkáváme s rozdělením jednotlivých místností do několika tříd čistot. S udržení potřebné třídy čistoty prostoru nám pomůže předem definovaný přetlak, který klesá směrem k prostorům s nižší třídou čistoty, a který zamezí zpětné kontaminaci. Pro odstranění nečistot z přiváděného vzduchu je zapotřebí použití třístupňové filtrace. Jako koncový stupeň filtrace jsou použity vysoce účinné aerosolové filtry, které jsou umístěny v laminárním stropě a čistých nástavcích. Nedílnou součástí přívodu vzduchu je také odsávání, které nám pomáhá udržet přípustné koncentrace nečistot vznikajících při operační činnosti v pracovní oblasti na požadované hodnotě.

Při návrhu čistých prostorů musíme vědět, jaké činnosti se zde budou vykonávat. Mezi prostory s definovaným stavem prostředí ve zdravotnictví nespádají pouze výše uvedené operační sály, ale i další provozy se specifickými požadavky. Např. na oddělení centrální sterilizace, radiologie, v lékárnách, atd. vzniká vlivem provozu mnoho toxinů, jež musí být účinně odvětrány. Zpracování této oblasti čistých prostorů by však svým rozsahem stačilo na vypracování další diplomové práce, proto je zde zmiňováno pouze okrajově.

## 2. ČISTÉ PROSTORY

### 2.1 Historie čistých prostor

Čisté prostory se poprvé začaly objevovat na počátku 20. století, kdy bylo dokázáno, že bakterie způsobují infekci ran. Začala vznikat různá opatření jak eliminovat množství prachových částic přenášející bakterie do míst, kde by mohlo být ohroženo lidské zdraví, např. na operační sály.

Začaly se objevovat první náznaky primitivních prostor s definovaným stavem mikroklimatu. Vznikala vzduchotechnika s filtrací přírodního vzduchu a prostory s přetlakem, aby nedocházelo ke vnikání prachových částic s mikroorganismy do čistého prostoru.

Moderní průmysl kladl stále náročnější požadavky na kvalitu prostředí, ve kterém byly vyráběny výrobky citlivé na čistotu okolního prostředí. Průkopníkem čistých prostor v 60. letech byl program NASA v USA. Snahou NASA bylo zajistit co možná největší kvalitu svých výrobků, u kterých hrálo velkou roli množství polétavých částic a zamezení nechtěnému přenosu organismů mimo planetu. V této době byl také sestaven první čistý prostor s laminárním prouděním. [7]

V následujících letech byl zaznamenán zvýšený počet realizací čistých prostor ve zdravotnickém, farmaceutickém, chemickém a elektrotechnickém průmyslu.

### 2.2 Definice čistého prostoru

Technický předpis FS 209 E z roku 1992 definuje čistý prostor takto:

**„ Čistý prostor – definovaný prostor, ve kterém je koncentrace částic ve vznosu regulována, aby byla splněna specifikovaná třída čistoty pro částice ve vznosu.“**

Čistý prostor je tedy prostor vytvořený stavebními prvky tak, že je hermeticky izolován od vnějšího prostředí. Pro vytvoření definovaného prostředí uvnitř je do čistého prostoru klimatizační jednotkou přiváděn filtrovaný vzduch, vybavenou prvky, které nám upravují přírodní vzduch na požadované parametry a dokonalou třístupňovou filtrací vzduchu. [6]

Čistý prostor je často oddělen od okolního prostoru, aby nedošlo k jeho kontaminaci. Oddělení se provádí pomocí propustí.

Propusti jsou místa, kterými se do daného čistého prostoru vchází či dodává nebo vydává materiál. Mohou to být místnosti, komory, clony a vzduchové sprchy. Tyto propusti jsou součástí čistých prostor.

### 2.3 Použití čistého prostoru

Čisté prostory se rozdělují do dvou základních skupin dle požadavků technologických procesů. První skupinou jsou čisté prostory, ve kterých je důležitým parametrem počet



neživých mikročásteček. Za tyto částice je považován prach o velikosti 0,1 až 100 µm. Tyto částice mají velký vliv na funkci a spolehlivost výrobku.

Druhou skupinou jsou čisté prostory, kde je základním parametrem počet živých částic (mikroorganismů). V dnešní době je to velmi důležitý a hodně sledovaný parametr.

1) Čisté prostory, ve kterých je důležitým parametrem počet **neživých** mikročásteček, které mají velký vliv na funkci a spolehlivost výrobku.

- Elektronika – procesory, televizní obrazovky, magnetické pásky
- Mikromechanismy – mikrohydraulika, gyroskopy, kompaktní disky
- Optika – čočky, fotografické filmy, laserové přístroje

2) Čisté prostory, ve kterých je základním parametrem počet **živých** částic (mikroorganismů).

- Biotechnologie – antibiotika, genetické inženýrství
- Zdravotnické pomůcky – kardiostimulátory, injekční stříkačky
- Farmacie – sterilní výroby
- Nemocnice – **operační sály**, izolace infekčních pacientů
- Potraviny a nápoje – nesterilní potraviny a nápoje

## 2.4 Hlavní parametry čistých prostor

### 2.4.1 Třída čistoty

Úroveň čistoty dané polétavými částicemi použitelná na čistý prostor nebo čistou zónu se vyjadřuje ve smyslu třídy  $N$  ISO, kde  $N$  označuje třídu čistoty, která představuje maximální přípustnou koncentraci (částic na metr krychlový vzduchu) pro uvažované velikosti částic. Koncentrace částic jsou určeny pomocí rovnice (2.1). Klasifikace čistoty vzduchu v souladu s mezinárodní normou je omezena na rozsah od třídy 1 ISO po třídu 9 ISO. Uvažovaná velikost částic (dolní prahové hodnoty) použitelné pro klasifikaci se omezují na rozsah od 0,1 µm do 0,5 µm. Je důležité stanovit správnou třídu čistoty, aby nebylo ohroženo zdraví nebo kvalita produktu. Číslo třídy čistoty lze určit výpočtem dle rovnice (2.1) nebo měřením pomocí přístroje DPC = Discrete-particle counter [3]

$$C_n = 10^N * \left( \frac{0,1}{D} \right)^{2,08} \quad (2.1)$$

kde:

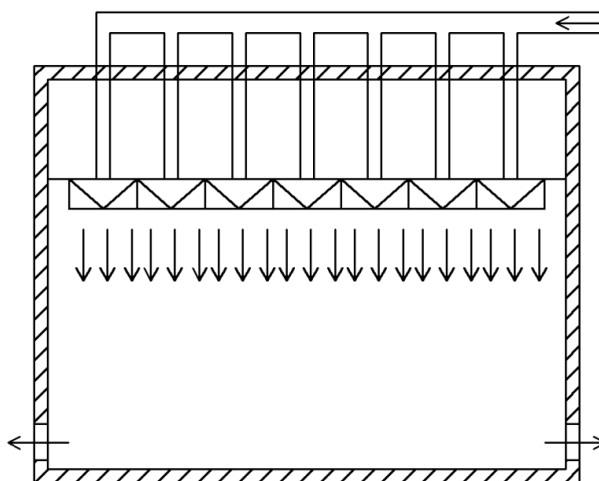
- $C_n$  je nejvyšší přípustná koncentrace (v částicích na krychlový metr vzduchu [ $\text{m}^3$ ]) polétavých částic, které jsou větší nebo rovny uvažované velikosti částic.  $C_n$  je zaokrouhlena na nejbližší celé číslo při použití nejvýše 3 platných číslic,
- $N$  je číslo klasifikace ISO, které nepřekračuje hodnotu 9. Mohou být specifikovány mezilehlá čísla klasifikace ISO s nejmenším přípustným přírůstkem  $N 0,1$ ,
- $D$  je uvažovaná velikost částic v mikrometrech,
- $0,1$  je konstanta s rozměrem mikrometr [ $\mu\text{m}$ ].

### 2.4.2 Typy proudění

Každá třída čistoty má předepsaný typ proudění, aby byla zachována čistota prostředí. Máme tři základní typy proudění:

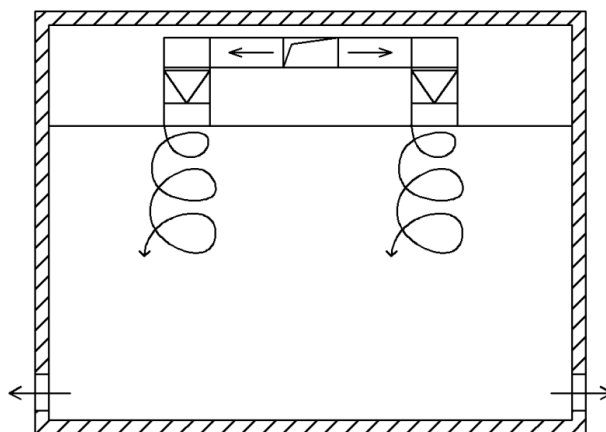
- laminární proudění (jednosměrný tok vzduchu)
- turbulentní proudění (nejednosměrný tok vzduchu)
- smíšené proudění

**Laminární proudění (jednosměrné)** je takové proudění, kdy jednotlivé proudnice vzduchu jsou rovnoběžné a neprotínají se mezi sebou. Částice vzduchu se pohybují vedle sebe jako ve vrstvách a mají stejnou rychlost v průřezu (obr. 2.1). Pro laminární proudění je předepsána maximální rychlost proudění 0,45 m/s.



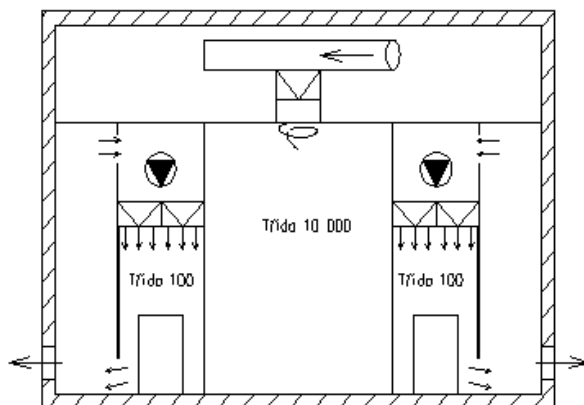
Obr. 2.1 Rychlostní profil laminárního proudění

**Turbulentní proudění (nejednosměrné)** je takové proudění, při kterém se proudnice navzájem promíchávají. Částice vzduchu vykonávají při proudění kromě posouvání i složitý vlastní pohyb, který vede ke vzniku vírů. Rychlosti jednotlivých částic vzduchu se nepravidelně mění. Částice tedy v průřezu nemají stejnou rychlost a tudíž se jedná o nestacionární proudění (obr.2.2). Turbulentní proudění se objevuje při větších rychlostech proudění nebo při nárazu na nějakou překážku.



Obr. 2.2 Rychlostní profil turbulentního proudění

**Smíšené proudění** je takové proudění, kdy je smíchán laminární a turbulentní proud. Znamená to tedy, že v určitých místech je turbulentní proud a jinde zase laminární proud.



Obr. 2.3 Smíšené proudění

### 2.4.3 Diference tlaku

Diference tlaku je navržena tak, aby byly jednotlivé čisté prostory od sebe odděleny, a aby byly čisté prostory odděleny od okolí. Je nutné rozdělit i technologie dle náročnosti na čistotu prostředí, aby nedošlo ke křížové kontaminaci např. ve farmaceutické výrobě. V elektrotechnickém průmyslu se oddělují zóny s různými třídami čistoty. Tlakové bariéry musí být udržovány i tehdy, kdy nejsou čisté prostory v provozu.

Kontaminaci čistého prostoru může způsobit pohyb osob, nástrojů nebo materiálu, který je dopravován do čistého prostoru. Z toho důvodu jsou montovány propusti pro personál a materiál. Tyto propusti nám omezují možnost kontaminace čistého prostoru.



Obr.2.4 Příklad tlakové difference mezi jednotlivými třídami

### 2.4.4 Teplota a vlhkost

Pokud se v čistém prostoru vyrábí nějaký produkt ( např. léky, mikrosoučástky, atd... ), má technologie přednost, co se týče parametrů mikroklimatu, před pracovníky. Zde se teplota a vlhkost řídí dle požadavků technologie.

Tab 2.1 Doporučené teploty dle pracovního oděvu

Typ oděvu	Teplota	
	léto	zima
plášť nebo dvoudílný oblek, pokrývka, návleky	24±2 °C	22±2 °C
kombinéza, kukla, návleky, rukavice	20±2 °C	20±2 °C

Teplota se navrhuje s ohledem na čistotu prostředí, podle níž je stanoven typ oblečení či pracovního oděvu. Teploty se navrhuji s ohledem na typ oblečení takto:

Relativní vlhkost se nastavuje na 45±10%, pokud není předepsána technologií.

Ve zdravotnictví se uplatňují dva přístupy k řešení této problematiky:

- vytváření vhodného prostředí pro pacienty a lékařské týmy
- zajištění požadovaných parametrů prostředí pro činnost přístrojů lékařské diagnostické techniky

Pro pohodu prostředí se využívá rozsah vlhkosti od 35% do 65% relativní vlhkosti. Uvedené rozmezí relativní vlhkosti je předepisováno prakticky všemi zahraničními předpisy.

Teploty, které se požadují ve zdravotnických zařízeních pro klimatizované místnosti respektují vyhlášku MZ ČR č.6/2003 Sb., která definuje výsledné teploty kulového teploměru v prostoru. Pro zdravotnické zařízení platí:

Pro teplé období roku  $t_g = 24,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$

Pro chladné období roku  $t_g = 22,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$

S výjimkou mimořádně teplých nebo chladných dnů.

Pro operační sály je obtížné stanovit rozsah teplot. Co se týče zahraničních norem, tak jsou zde velké rozdíly. Důležitým faktorem ke zvážení při návrhu teplot je, že nízká teplota může způsobit podchlazení pacienta. Jako mezní teplota je uváděno 21°C. Ideální teplota pro ležícího pacienta na operačním sále je 24 - 26°C. Jenže pro chirurgický personál je teplotní pohoda v rozsahu 20 – 22°C. Z tohoto nám vyplývá, že je nutno zvážit všechna kritéria (tj. typ prováděné operace, atd.) pro volbu optimální teploty na operačním sále.

## 2.4.5 Průtok vzduchu

Abychom mohli stanovit potřebný objemový tok vzduchu zařízením, jsou podstatná tato hlediska:

- požadovaná čistota prostředí - čím větší je průtok čistého vzduchu, tím více se snižuje koncentrace částic ve větraném prostoru
- dodržení požadovaných hygienických dávek venkovního vzduchu – viz nařízení vlády č.178/2001 Sb.
- tepelná zátěž klimatizované místnosti
- technologické a ekonomické možnosti

Zahraniční standardy vycházejí při výpočtu průtoku vzduchu ze specifických dávek venkovního vzduchu, které jsou vztaženy na 1m<sup>2</sup> podlahové plochy.

Z této metodiky se vymyká německý standard (DIN 1946-4 Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern), který stanovuje průtoky přiváděného vzduchu pro operační sály bez ohledu na jejich velikost:

- 2400 m<sup>3</sup>/h pro aseptické nebo septické operační sály,

- 3600 m<sup>3</sup>/h pro superseptické operační sály.

Dané průtoky předpokládají soustředění přiváděného vzduchu do míst s požadavkem nejvyšší čistoty vzduchu.

## 2.4.6 Hluk

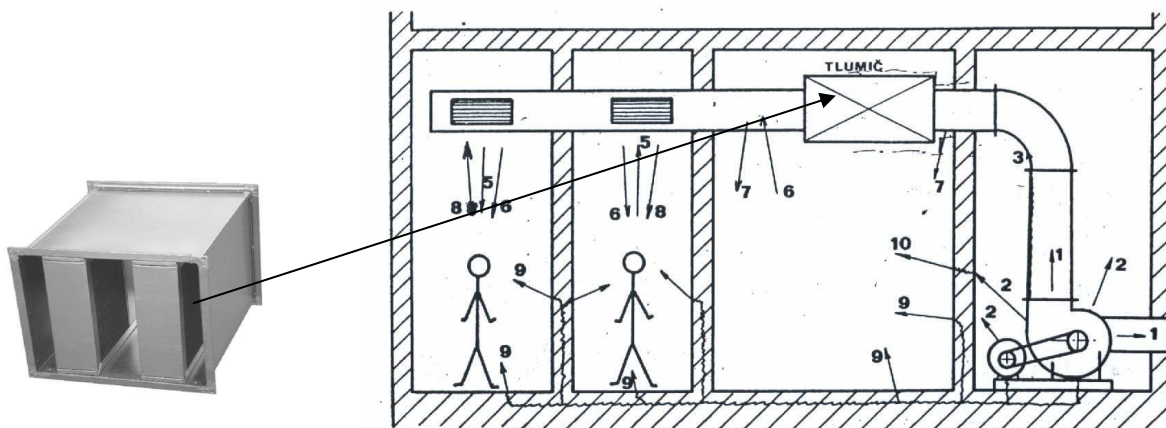
Hluk jako škodlivina nemá na výsledný vyráběný produkt žádný vliv. Nepříznivě však působí na pohodu obsluhy, personálu a pacientů. Proto je předepsána nejvyšší dovolená ekvivalentní hladina hluku vzduchotechnického zařízení ve farmaceutickém průmyslu 50 až 60 dB(A). Pro lékařská pracoviště je uváděna hladina akustického tlaku 40 dB(A), pro lůžkové pokoje 30 dB(A) pro den a 25 dB(A) pro noc. Tyto požadavky nelze splnit u superseptických operačních sálů, kde je hlučnost na sále způsobena průchodem velkého množství vzduchu přes koncové filtry. Tato poměrně nízká hladina hluku vyžaduje pečlivé řešení jak vzduchotechnické jednotky, tak i čistého prostoru.

Příčinou hlučnosti vzduchotechnických zařízení jsou:

- aerodynamické účinky ve ventilátorovém soustrojí (obtékání lopatek, turbulence)
- mechanické účinky ve ventilátorovém soustrojí (nevyváženost rotujících částí, hluk ložisek, hluk převodů)
- hluk dalších pomocných zařízení (kompresory, oběhová čerpadla)
- aerodynamický hluk vznikající v koncových elementech (vyústky, regulační klapky, atd..)

Útlum hluku ve vzduchotechnickém zařízení se provádí pomocí tlumičů hluku. Tlumiče hluku se dělí na *absorbční* a *reflexní*. Ve vzduchovodech se používají tlumiče absorbční. Jedná se o potrubí, jehož stěny jsou vyloženy absorbentem.

K odizolování strojovny vzduchotechniky od okolních prostorů se používají metody zvukové izolace a pohltivosti.[4]



Obr.2.5 Kulisový tlumič hluku  
([www.vkv-pardubice.cz](http://www.vkv-pardubice.cz))

Obr.2.6. Cesty šíření hluku (ČSN ISO 7235)

### 3. TECHNICKÉ PŘEDPISY

#### 3.1 Úvod

Účelem technických předpisů je zajistit obecně závazné požadavky a metody pro správný návrh, montáž a provoz čistých prostor. Existuje mnoho standardů pro klasifikaci čistých prostor. Nejznámější a nejpoužívanější jsou US FS 209 (americký) a BS 5295 (britský).

Problematika čistoty prostředí ve zdravotnictví není v České republice dosud legislativně upravena tak jako v jiných oblastech. Jsou zde pouze doporučené normy a předpisy:

ČSN EN ISO 14644-1 125301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu.

ČSN EN ISO 14644-2 125301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 2: Specifikace zkoušení a sledování pro průběžné ověřování shody s ISO 14644-1.

ČSN EN ISO 14644-3 125301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 3: Zkušební metody.

ČSN EN ISO 14644-4 125301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 4: Návrh, konstrukce a uvádění do provozu.

ČSN EN ISO 14644-5 125301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 5: Provozování.

ČSN EN ISO 14644-6 125301 Čisté prostory a příslušná řízená prostředí - Část 6: Slovník.

ČSN EN ISO 14644-7 125301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 7: Oddělovací zařízení (boxy s čistým vzduchem, rukávcové boxy, izolátory a zařízení pro miniprostředí).

ČSN EN ISO 14644-8 125301 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí - Část 8: Klasifikace molekulárního znečištění vzduchu

ČSN EN 779 +AC 125001 Filtry atmosférického vzduchu pro odlučování částic u běžného větrání. Požadavky, zkoušení, označování (obsahuje změnu AC).

ČSN EN 1822-1 125002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování.

ČSN EN 1822-2 125002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 2: Výroba aerosolu, měřicí zařízení, statistické počítání částic.

ČSN EN 1822-3 125002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 3: Zkušební média plochých filtrů.

ČSN EN 1822-4 125002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 4: Stanovení propustnosti filtračních prvků (skenovací metoda).

ČSN EN 1822-5 125002 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) - Část 5: Stanovení účinnosti filtračních prvků

Pro navrhování zdravotnických a farmaceutických zařízení je v ČR vhodný zákon o léčivech č. 79/1997 sb ve znění navazujících vyhlášek a doporučení Státního ústavu pro kontrolu léčiv. Ve kterém se shodují klasifikace čistých prostor s normami a předpisy EU.

### 3.2 BS 5295 z roku 1976

Tento standard klasifikuje čisté prostory pouze na neživé částice o velikosti 0,5 mikronu a větší. Předepisuje také intervaly monitorování pro jednotlivé třídy čistoty, typ proudění a účinnosti HEPA filtru.

Další specifikace:

Rychlost vzduchu	horizontální	$0,45 \pm 0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
	vertikální	$0,3 \pm 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Proudění	laminární	
Tlaková difference	15 Pa	
Výměna vzduchu	$20 \text{ h}^{-1}$ (tř.1-3) $10 \text{ h}^{-1}$ (tř.4)	
Teplota	$20 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$	
Vlhkost	35 – 50 %	
Hluk	do 65 dB (A)	

Tab.3.1 – Tabulka tříd čistoty podle BS 5295 z roku 1976

Třída čistoty	Doporučený typ proudění	Doporučená perioda vzorkování a měření počtu částic	Maximální povolený počet částic v $\text{m}^3$ rovných nebo větších než					Účinnost koncových filtrů %
			0,5 mm	1 mm	5 mm	10 mm	25 mm	
Třída 1	Jednosměrný	Denně nebo průběžně automatickým přístrojem	3 000	Není použitelný	0	0	0	99,995
Třída 2	Jednosměrný	Týdně	300 000	Není použitelný	2 000	30	0	99,95
Třída 3	Jednosměrný nebo běžný	Měsíčně		1 000 000	20 000	4 000	300	95
Třída 4	Běžný	Čtvrtletně			200 000	40 000	4 000	70
Kontrolovaná zóna	Běžné větrání	-	-	-	-	-	-	-
Uzavřené pracoviště	Jednosměrný	Vyhovující požadované třídě a použití	-					99,997
Mobilní pracoviště	Dle výběru	Vyhovující požadované třídě a použití	Vyhovující požadované třídě					Vyhovující požadované třídě

### 3.3 BS 5295 – z roku 1989

Uvedený standard je rozdělen do deseti tříd čistoty. U tohoto standardu je zvětšen rozsah velikosti částic o částice velikosti 0,3 mikronu.

Tab. 3.2 – Tabulka tříd čistoty podle BS 5295 z roku 1989

Třída čistoty	Maximální povolený počet částic/ $\text{m}^3$ rovný nebo větší než					Max. plocha pro vzorkování čistých prostorů $\text{m}^2$	Minimální tlaková difference	
	0,3 mm	0,5 mm	5 mm	10 mm	25 mm		Mezi klasifik. a neklasifik. zónou	Mezi klasifik. a přílehlou klasifik. zónou nižší třídy
C	100	35		NS	NS	10	15	10
D	1000	350		NS	NS	10	15	10
E	10000	3500		NS	NS	10	15	10
F	NS	3500	<1	NS	NS			
G	100000	35000	200		NS	25	15	10
H	NS	35000	200		NS	25	15	10
J	NS	350000	2000	450		25	15	10
K	NS	3500000	20000	4500	500	50	15	10
L	NS	NS	200000	45000	5000	50	10	10
M	NS	NS	NS	450000	50000	50	10	NA

NS - není specifikovaný limit

NA - není použitelný

### 3.4 FS 209E – z roku 1992

Tímto standardem se určují třídy čistoty pro čisté prostory. Jsou zde předepsány metody pro ověření čistoty vzduchu a plán pro monitorování čistoty vzduchu. Tento standard má celkem sedm dodatků:

- Počítání a měření částic ve vznosu za použití optické mikroskopie.
- Obsluha počítače částic.
- Izokinetické a anizokinetické vzorkování.
- Metoda měření koncentrace ultrajemných částic.
- Základní statistická pravidla použitá v FS-STD-209E.
- Sekvenční vzorkování: Fakultativní metoda pro přezkoušení vzduchu z hlediska limitů čistoty na přítomnost částic ve vznosu tříd M2,5 a čistších.
- Zdroje dalších informací.

Tab. 3.3 – Tabulka tříd čistoty podle amerického standardu FS 209E

Název třídy		hranice tříd									
		0,1 mm		0,2 mm		0,3 mm		0,5 mm		5 mm	
SI	anglická	m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>
M1		350	9,91	75,7	2,14	30,9	0,875	10	0,283	-	-
M1,5	1	1 240	35	265	7,5	106	3	35,3	1	-	-
M2		3 500	99,1	757	21,4	309	8,075	100	2,83	-	-
M2,5	10	12 400	350	2 650	75	1 060	30	353	10	-	-
M3		35 000	991	7 570	214	3 090	87,5	1 000	28,3	-	-
M3,5	100	-	-	26 500	750	10 600	300	3 530	100	-	-
M4		-	-	75 700	2 140	30 900	875	10 000	283	-	-
M4,5	1 000	-	-	-	-	-	-	35 300	1 000	247	7
M5		-	-	-	-	-	-	100 000	2 830	618	17,5
M5,5	10 000	-	-	-	-	-	-	353 000	10 000	2 470	70
M6		-	-	-	-	-	-	1 000 000	28 300	6 180	175
M6,5	100 000	-	-	-	-	-	-	3 530 000	100 000	24 700	700
M7		-	-	-	-	-	-	10 000 000	283 000	61 800	1 750

### 3.5 ČSN EN ISO 14644 – 1

Norma rozděluje třídy čistoty vzduchu s ohledem na koncentraci a velikost částic v daném prostoru. Jednotlivé třídy jsou označeny N ISO a představují maximální přípustné koncentrace částic na 1m<sup>3</sup> pro uvažované velikosti částic. Koncentrace jednotlivých částic jsou určeny pomocí rovnice (2.1). Třídy čistoty jsou zde rozděleny v rozsahu 1 ISO až po 9 ISO. Třídy, velikosti a množství částic jsou uvedeny v tab. 3.4.



Tab. 3.4 – Vybrané třídy čistoty s ohledem na polétavé částice pro čisté prostory a zóny

Číslo třídy ISO (N)	Meze maximální koncentrace (částice /m <sup>3</sup> vzduchu) pro částice rovné uvažovaným níže uvedeným velikostem a větší (meze koncentrace jsou vypočteny v souladu s rovnicí (1) v 3.2)					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
Třída 1 ISO	10	2				
Třída 2 ISO	100	24	10	4		
Třída 3 ISO	1 000	237	102	35	8	
Třída 4 ISO	10 000	2 370	1 020	352	83	
Třída 5 ISO	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
Třída 6 ISO	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
Třída 7 ISO				352 000	83 200	2 930
Třída 8 ISO				3 520 000	832 000	29 300
Třída 9 ISO				35 200 000	8 320 000	293 000

POZNÁMKA Nejistoty vztahující se k postupu měření vyžadují, aby k určení třídy čistoty byla použita data o koncentraci s nejvýše třemi platnými číslicemi.

### 3.6 Srovnávací tabulka mezinárodních norem

Pro lepší představu a orientaci zde uvádím srovnání jednotlivých mezinárodních norem platných pro čisté prostory. V tab. 3.5 jsou pouze třídy jednotlivých norem a nejsou zde uvedeny jednotlivé koncentrace částic.

Tab. 3.5 – Srovnávací tabulka mezinárodních norem

Země a platná norma	USA 209D	USA 209E	Velká Británie BS5295	Austrálie AS1386	Francie AFNOR X44101	Německo VDI2083	ČSN EN ISO 14644-1
platí od roku	1988	1992	1989	1989	1989	1990	2000
					-	0	
	1	M1.5	C	0,035	-	1	3
	10	M2.5	D	0,35	-	2	4
	100	M3.5	E nebo F	3,5	4 000	3	5
	1 000	M4.5	G nebo H	35	-	4	6
	10 000	M5.5	J	350	400 000	5	7
	100 000	M6.5	K	3 500	4 000 000	6	8

### 3.7 Platné předpisy pro navrhování zdravotnických zařízení v ČR

#### 3.7.1 Hygienické předpisy

- Nařízení vlády č.178/2001 Sb. ze dne 14.dubna 2001, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci.
- Nařízení vlády č. 523/2002 Sb. ze dne 14. října 2002, kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci.
- Nařízení vlády č.502/2000 Sb. ze dne 27.listopadu, o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- Nařízení vlády č. 88/2004 Sb. ze dne 21. ledna 2004, kterým se mění nařízení vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- Nařízení vlády č.137/2004 Sb. o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných.
- Nařízení vlády č.6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.

#### 3.7.2 Technické předpisy

ČSN 12 0000 - Vzduchotechnická zařízení

ČSN 13 3454 - Výkresy vzduchotechnických zařízení

ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)

## 4. ROZDĚLENÍ NEMOCNIČNÍCH PROSTOR

Nemocniční prostory se dělí dle prostorové třídy a to na:

Prostorová třída I. (vysoké respektive velmi vysoké nároky na nízký počet zárodků)

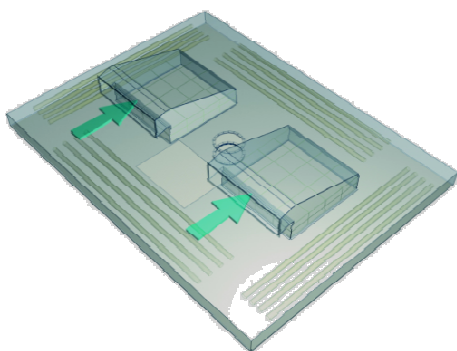
Prostorová třída II. (běžné požadavky na nízký počet zárodků)

Do prostorové třídy I. patří:

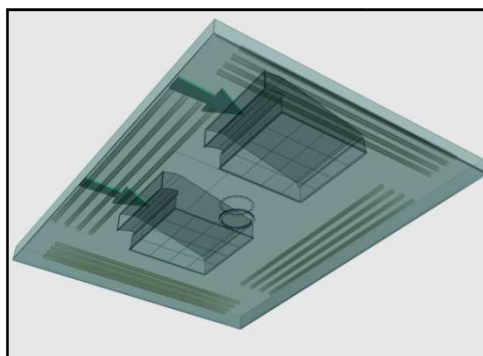
- Operační sály - Septický
  - Aseptický
  - Superseptický
- Sterilizace nástrojů a oděvů
- Jednotky intenzivní péče
- Anesteziologicko resuscitační oddělení
- Laboratoře včetně mikrobiologických
- Infekční oddělení
- Transfúzní stanice
- Lékárny
- A všude tam, kde je nutno mít čistotu prostředí pod kontrolou

### 4.1 Operační sály v ČR

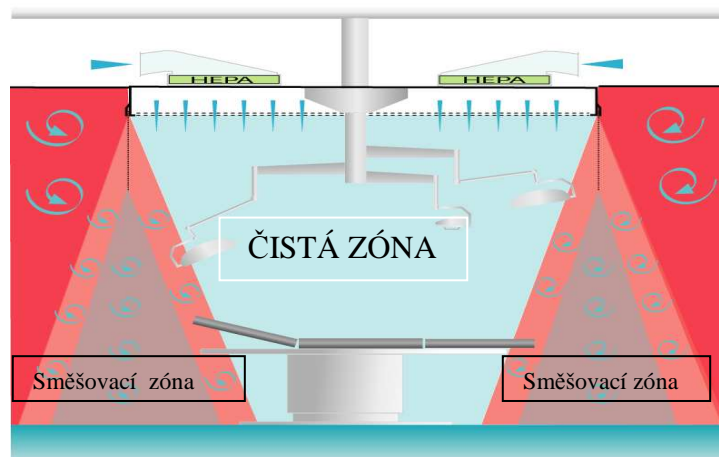
Pro septický a aseptický operační sál se navrhuje průtok vzduchu  $2400\text{m}^3/\text{h}$  a pro superseptický sál  $3600\text{m}^3/\text{h}$ . Vzduch je přiváděn přes velkoplošnou laminární vyústku (obr.4.1 a obr.4.2), ve které je zabudován HEPA filtr s odlučivostí 99,99% pro prachové částice větší jak  $0,5\text{ }\mu\text{m}$ . Součástí laminární vyústky je osvětlení a prostup pro tubus operačního svítidla včetně revizních otvorů pro přístup ke svorkovnicím operačního svítidla. Nákres operačního prostoru lze vidět na (obr.4.3).



Obr. 4.1 Horní pohled na laminární strop  
(www.block.cz)



Obr. 4.2 Spodní pohled laminární strop  
(www.block.cz)

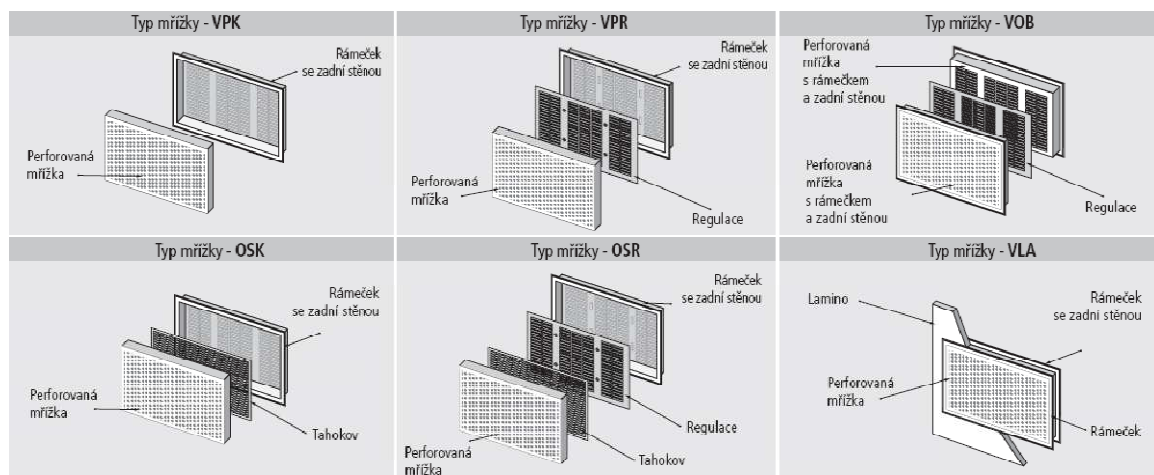


Obr. 4.3 Návrh laminárního stropu s operačním světlem (www.block.cz)

Odvod vzduchu z operačního sálu je řešen speciálními odsávacími mřížkami (obr.4.4), které zachycují vláknité prachy z textilií a chrání tak klimatizační systém před jeho zanesením. Mřížka je jednoduše demontovatelná a čistitelná. Vzduch je odváděn u stropu a u podlahy v poměru 1/3 u stropu a 2/3 u podlahy.



Obr.4.4 Odváděcí mřížky v operačním sále (www.block.cz)



Obr. 4.5 Základní provedení odsávacích mřížek (www.block.cz)

Cirkulace vzduchu se může použít jen za určitých předpokladů. Smí se používat jen vzduch z téhož prostoru nebo ze stejné skupiny místností. Cirkulační vzduch musí projít stejnými filtry jako vzduch venkovní. Nelze ji však použít tam, kde vzniknou hygienicko-toxikologické pochybnosti o znečištění odváděného vzduchu škodlivými plyny.

Při cirkulaci musí být minimální průtok čerstvého vzduchu 1200 m<sup>3</sup>/h, aby se udržela hranice narkotizačních plynů pod toxikologicky přípustnou hranicí.

## 4.2 Ovládací panel na operačním sále

Ovládací panel (obr.4.6) musí být multifunkční z důvodu minimalizace množství zařízení v operačním prostoru. Funkce ovládacího panelu jsou:

- Čas, stopky a datum.
- Teplota s regulací maximální a minimální hodnoty.
- Zapínání osvětlení včetně regulace její intenzity (pro filtrační vyústku a operační svítidlo).
- Signalizuje porušení přetlaku v operačním sále.
- Signalizuje množství medicinálních plynů v prostoru.
- Signalizace stavu UPS (zásuvky, operační svítidlo).



Obr. 4.6 Ovládací panel ([www.block.cz](http://www.block.cz))

## 5. JEDNOTLIVÉ PRVKY VZT PRO ČISTÉ PROSTORY

### 5.1 Klimatizační jednotka

Hlavním cílem vzduchotechnické jednotky je připravit a dopravit potřebné množství vzduchu do distribučního systému a k HEPA filtrům. Zpravidla jsou pro technologii čistých prostorů používány stavebnicové jednotky umožňující kombinace různých potřebných prvků v hygienickém provedení. Jako nedílnou součást vzduchotechnické jednotky lze chápat i chladicí jednotku sloužící jako zdroj chladicího média pro chladicí výměník. Jednotky musí splňovat následující parametry:

1. Jednotlivé díly i zařízení jako celek jsou těsné (včetně regulačních klapek).
2. Vnitřní i vnější povrch je z hladkých plechů bez výstupků a prohlubní (střední drsnost materiálu by neměla překročit 0,15mm), s povrchovou úpravou umožňující dokonalou čistitelnost.
3. Použité materiály ve vzduchotechnickém zařízení musí být odolné proti mechanickým vlivům, abrazi, korozi a desinfekčním prostředkům, které by je mohly narušovat. Materiály případně části zařízení nejsou zdrojem znečištění. Vhodným materiálem je kvalitní pozinkovaný plech. Stěny pláště jsou dvojité s tepelnou a hlukovou izolací.
4. Jednotlivé části jednotky musí být dokonale čistitelné a přístupné.
5. Filtrační vložky musí být těsné a snadno vyměnitelné.
6. Ve všech částech jednotky, kde by se mohl tvořit kondenzát, musí být umístěn odvodňovací otvor či kondenzát sveden do odvodňovací vany. Odvod kondenzátu je proveden přes přetlakový sifón do odpadního potrubí. Elektrické kabely musí být vodotěsné, v provedení do agresivního prostředí.
7. Výměníky jsou dodávány v provedení Cu-Al a pro lepší čistitelnost jsou zvětšeny rozteče lamel.
8. Ventilátory musí být vyrobeny z plechu odolávajícího vlhkosti a mechanickým vlivům.
9. Jednotka se umísťuje na rámy nebo vyzděný sokl a je podložena gumovými silentbloky. Zařízení v jednotce, které může vytvářet vibrace je také uloženo na gumových podložkách.
10. V jednotce nesmí být použity plastové části z důvodu zachycování prachových částic vlivem elektrostatického náboje.



Obr. 5.1 Klimatizační jednotka v hygienickém provedení ([www.robatherm.cz](http://www.robatherm.cz))

## 5.2 Filtrace vzduchu

Filtrace vzduchu je ve větrání čistých prostor jedním z nejdůležitějších prvků. Využívá se zde třístupňové filtrace. První dva stupně filtrace se umísťují do vzduchotechnické jednotky a třetí stupeň do koncových elementů přívodního potrubí vzduchotechnického systému.

Používají se filtry atmosférického vzduchu. Jsou založeny na zachycování pevných prachových částic z přiváděného vzduchu. Pro každý stupeň filtrace se používá jiný druh filtru. Rozdělení do jednotlivých tříd je dle odlučivosti syntetického prachu  $A_m$  a částic velikosti  $0,4\mu\text{m}$   $E_m$ . Tyto filtry se dále dělí ještě na hrubou a jemnou filtraci (tab. 5.1).

Tab. 5.1 Třídy běžných filtrů [5]

Třída filtru		Hraniční hodnoty třídy	
		$A_m$ (%)	$E_m$ (%)
hrubý	G 1	$A_m < 65$	–
	G 2	$65 \leq A_m < 80$	–
	G 3	$80 \leq A_m < 90$	–
	G 4	$90 \leq A_m$	–
jemný	F 5	–	$40 \leq E_m < 60$
	F 6	–	$60 \leq E_m < 80$
	F 7	–	$80 \leq E_m < 90$
	F 8	–	$90 \leq E_m < 95$
	F 9	–	$95 \leq E_m$

V klimatizaci čistých prostor se jako poslední stupeň filtrace používají vysoce účinné filtry (aerosolové filtry), které se rozdělují na HEPA a ULPA filtry dle odlučivosti částic velikosti  $0,2 - 0,5\mu\text{m}$  (tab. 5.2).

Tab. 5.2 Třídy vysoce účinných filtrů [5]

Třída filtru	Celková hodnota		Přípustná místní netěsnost	
	Odlučivost (%)	Průnik (%)	Odlučivost (%)	Průnik (%)
H 10	85	15	–	–
H 11	95	5	–	–
H 12	99,5	0,5	–	–
H 13	99,95	0,05	99,75	0,25
H 14	99,995	0,005	99,975	0,025
U 15	99,9995	0,0005	99,9975	0,0025
U 16	99,99995	0,00005	99,99975	0,00025
U 17	99,999995	0,000005	99,9999	0,0001

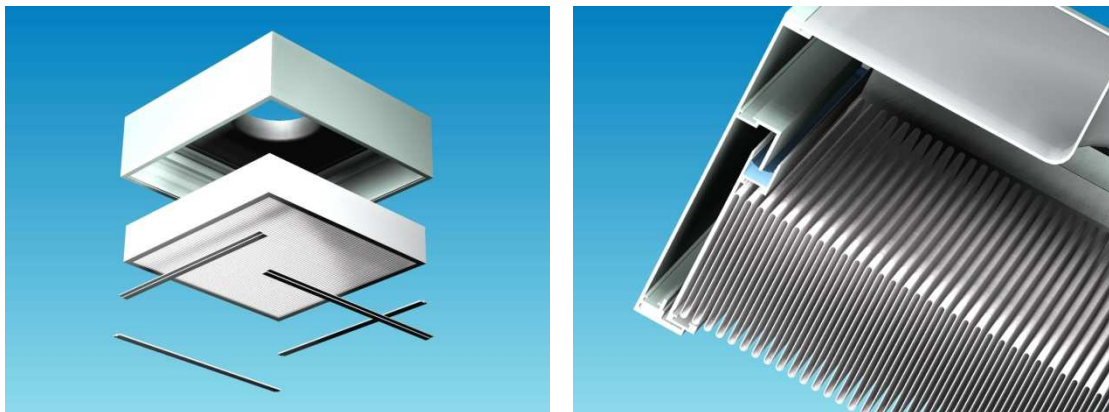
HEPA filtry jsou vysoce účinné filtry (High Efficiency Particles Air), mají minimální účinnost 99,97 % pro částice  $>0,3\mu\text{m}$  (tzn. pouze 3 z 10 000 částic velikosti  $0,3\mu\text{m}$  projdou přes filtr) při rychlosti  $1,5$  až  $2,5\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Účinnost filtru se mění se změnou rychlosti vzduchu. Se vzrůstající rychlostí vzduchu klesá účinnost filtru.

ULPA filtry používány v místech kde je požadována větší čistoty vzduchu než lze dosáhnout HEPA filtry. Účinnost odlučivosti je vyšší než 99,99 %. Konstrukce je stejná jak u HEPA filtrů.

Konstrukce HEPA a ULPA filtrů:



Jsou tvořeny rámem a filtrační přepážkou. Nejdůležitější částí filtrů je vlastní filtrační vložka ze skelného vlákna. Rám filtru bývá nejčastěji z dřevěného, kovového nebo plastového materiálu. Ovšem filtry s dřevěnou konstrukcí používat jen s obezřetností z důvodu možné kontaminace pracovní oblasti.



Obr. 5.2 Konstrukce a řez HEPA filtru ([www.block.cz](http://www.block.cz))

### 5.3 Regulace tlaku

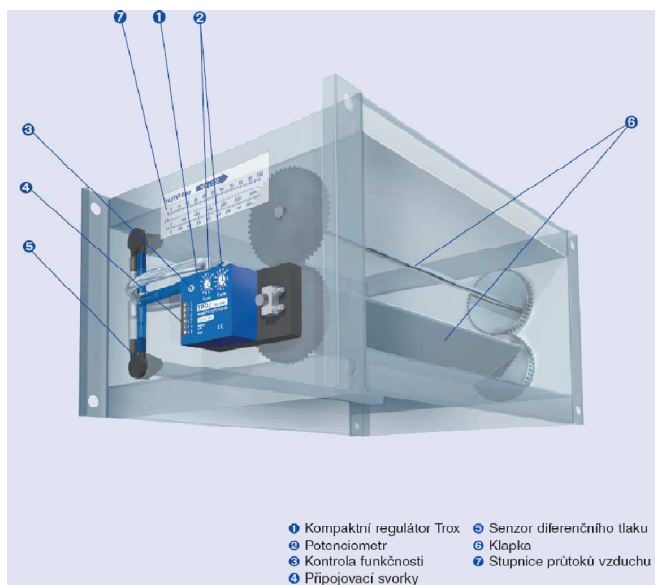
V čistém prostoru musí být vytvořen přetlak vůči okolnímu prostředí. Proto musí být množství větraného vzduchu dostatečně dimenzováno a už při návrhu musí být přesně stanoveny tlaky (v kaskádách) v jednotlivých místnostech tak, aby bylo zabráněno křížové kontaminaci. Pro přímé nastavení tlaku bývají v přívodním i odvodním potrubí montovány regulátory průtoku (obr. 5.3), které udržují konstantní množství vzduchu na přívodní i odvodní větvi.

Vhodné je vzduchotechnický systém rozdělit do zón podle tepelné zátěže a požadavků na čistotu prostoru. Tlaková diference mezi čistým prostorem a okolím musí být udržována na minimálně 15 Pa. Mezi jednotlivými zónami uvnitř čistých prostorů by měla být tlaková diference minimálně 10 Pa. Nejkritičtější operací z pohledu udržení trvalé tlakové diference tlaku je otevírání a zavírání dveří, kdy jsou zcela zásadně narušeny tlakové poměry v místnosti.



Obr. 5.3 Regulátor průtoku s tlakovými odběry ([www.trox.de/cz](http://www.trox.de/cz))



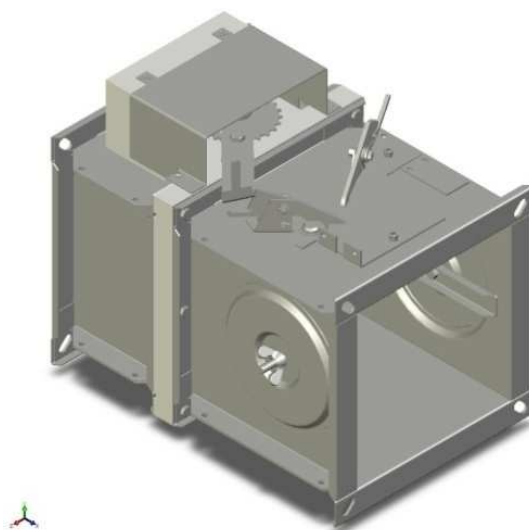


Obr. 5.4 Popis regulátoru – hlavní funkční části ([www.trox.de/cz](http://www.trox.de/cz))

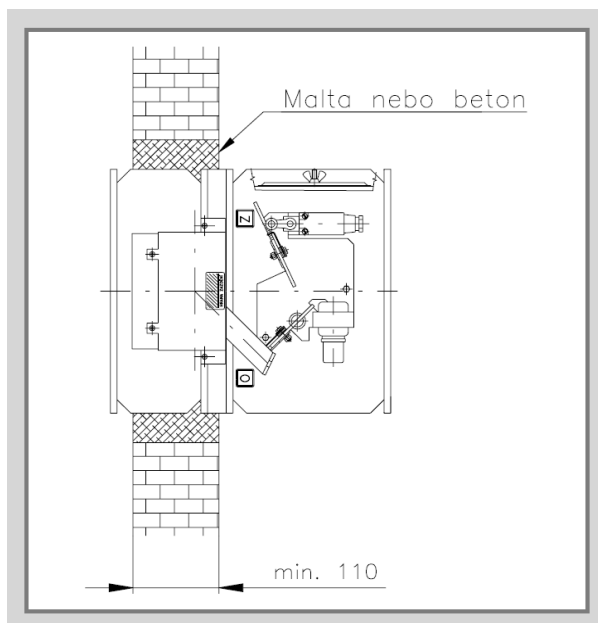
## 5.4 Požární klapky

Pro bezpečí lidských životů jsou důležitým prvkem požární klapky, které zabráňují šíření požárů a zplodin hoření mezi jednotlivými požárními úseky. Klapky se instalují do stěn dělících požární úseky. Klapka je ve stěně obezděná, aby se případný požár nemohl šířit kolem klapky.

Klapky mohou být v provedení s mechanickým ovládáním s tepelnou tavnou pojistkou, která při dosažení teploty  $73^{\circ}\text{C}$  uvede do činnosti uzavírací mechanismus. Ovládání může být také opatřeno signalizací polohy listu klapky “OTEVŘENO” popř. “ZAVŘENO”. Mechanické ovládání se může také opatřit spouštěcím elektromagnetem nebo servopohonem. [10]



Obr. 5.5 Požární klapka ([www.mandik.cz](http://www.mandik.cz))



Obr. 5.6 Uložení požární klapky (www.mandik.cz)

## 5.5 Potrubí

Potrubí slouží k dopravě upraveného vzduchu od klimatizační jednotky k distribučním elementům. Pro větrání čistých prostor se nejčastěji používá čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu. Toto potrubí musí však splňovat vyšší těsnost než pro běžné větrání. Nesmí dojít ke kontaminaci ani úniku upraveného vzduchu z potrubí.

Potrubí dělíme do čtyř tříd dle tab. 5.3.

Tab. 5.3 Třídy těsnosti potrubí

Třída těsnosti	Mezní hodnoty množství uniklého vzduchu ( $f_{\max}$ ) $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
<b>A</b>	$0,027 \times \text{pt}^{0,65}$
<b>B</b>	$0,009 \times \text{pt}^{0,65}$
<b>C</b>	$0,003 \times \text{pt}^{0,65}$
<b>D</b>	$0,001 \times \text{pt}^{0,65}$

Pro přívod vzduchu v čistých prostorech se používá potrubí třídy **D**, a pro odvod je možnost použití potrubí třídy **C**.

U vzduchotechnického potrubí je kritickou částí jeho montáž. Zde musí montážní firma dbát na dodržení mimořádné čistoty při montážních pracích. Musí být dodržována zásada perfektního očištění potrubí před montáží. Je doporučeno dopravovat a skladovat veškeré potrubí, ale i ostatní vzduchotechnické prvky s otvory překrytými polyetylenovou fólií.

Před samotným uvedením vzduchotechnického zařízení do provozu, musí být provedena zkouška těsnosti a kontrola čistoty celého systému.

## 6. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT A TEPELNÝCH ZISKŮ MÍSTNOSTÍ

### 6.1 Popis objektu

Jedná se o zdravotnické zařízení v Roudnici nad Labem. Tato nemocnice se nachází v lokalitě se zimní výpočtovou teplotou  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tato teplota se snižuje o 3 K pro výpočet tepelných ztrát pro klimatizaci, jelikož nedochází k akumulaci tepla do stěn jako při vytápění.

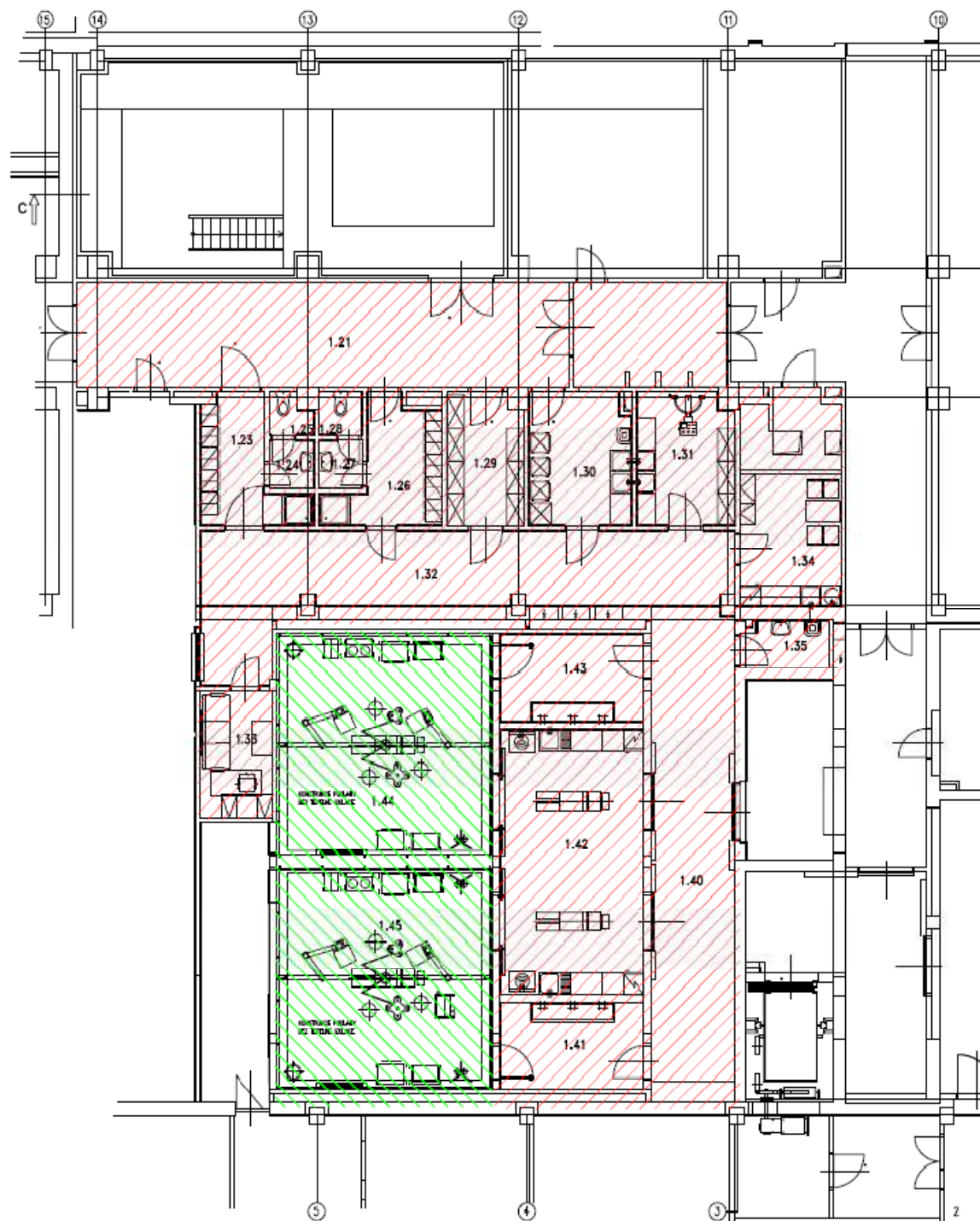
Budova se nachází v normální krajině a je chráněná jinými budovami. Pro tuto budovu vychází charakteristické číslo budovy  $B = 3$ .

V projektu jsou počítány pouze tepelné ztráty operačních sálů 1.44 a 1.45, jejichž náčrtek lze vidět na obr. 6.1. Tyto ztráty budou hrazeny vzduchotechnickým zařízením. Tepelné ztráty u zázemí operačních sálů budou hrazeny profesí UT a nejsou předmětem diplomové práce. Na schématu je barevně oddělena vytápěná část UT a VZT.

Při výpočtu tepelných ztrát je počítána pouze tepelná ztráta prostupem tepla. Tepelná ztráta větráním je zahrnuta až v psychometrických výpočtech klimatizačního zařízení.

Tab. 6.1 Tabulka místností

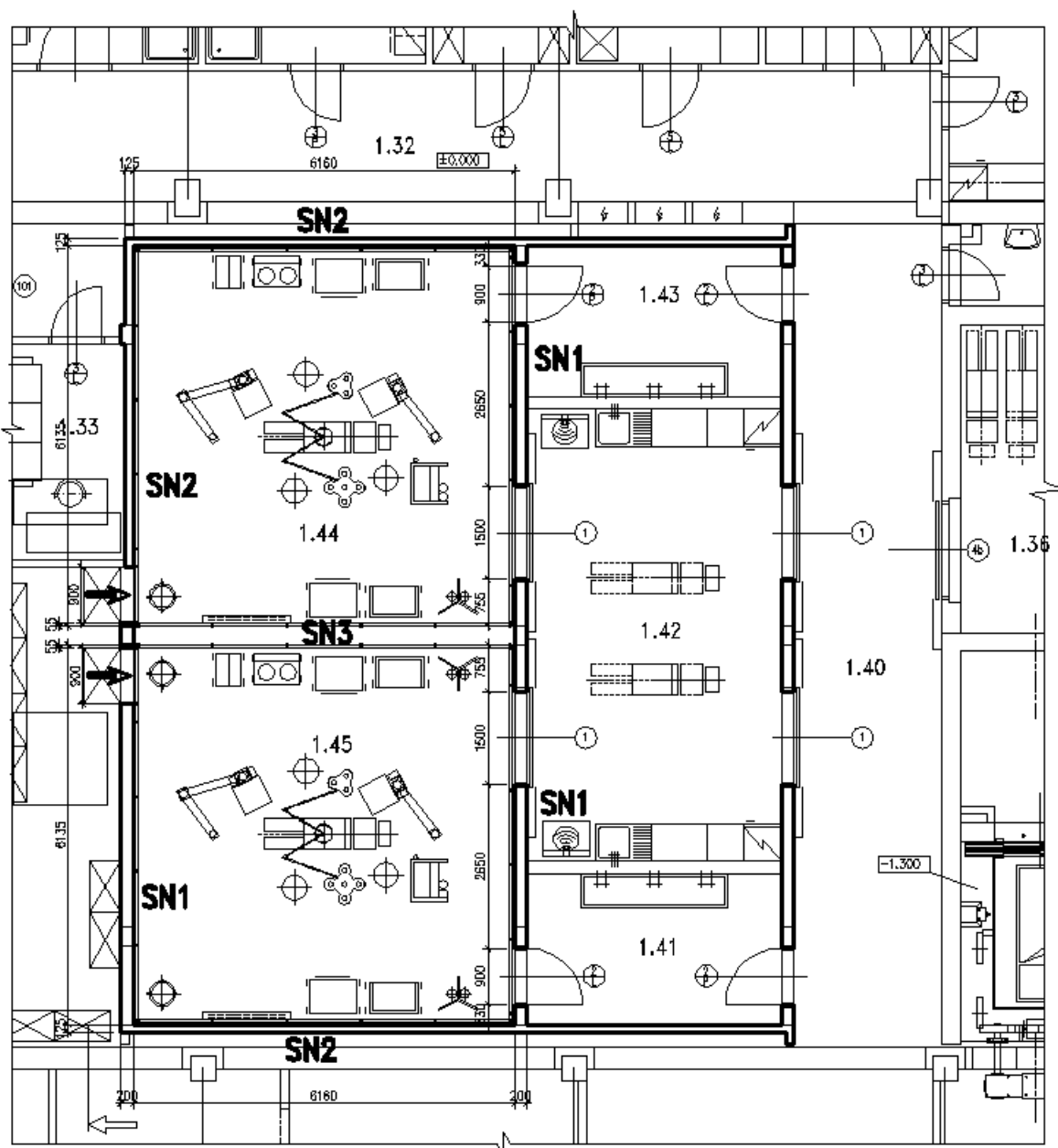
Číslo místnosti	Název místnosti	Plochy místnosti [ $\text{m}^2$ ]
1.21	CHODBA	40,9
1.22	VZT OS A ZOS	73,3
1.23	ŠATNA MUŽI	8,1
1.24	PŘEDSÍŇ WC MUŽI	1,7
1.25	WC MUŽI	1,3
1.26	ŠATNA ŽENY	8,7
1.27	PŘEDSÍŇ WC ŽENY	1,7
1.28	WC ŽENY	1,5
1.29	SKLAD ČISTÝ	7,9
1.30	ČISTÍCÍ MÍSTNOST	10,6
1.31	PŘÍSTROJE	10,3
1.32	CHODBA	36,3
1.33	PROTOKOL	7,3
1.34	DENNÍ MÍSTNOST	10,7
1.35	ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST	3,0
1.40	CHODBA	32,7
1.41	UMÝVÁRNA	10,0
1.42	PŘÍPRAVA A PROBUZENÍ	30,4
1.43	UMYVÁRNA	10,0
1.44	OPERAČNÍ SÁL 1	36,0
1.45	OPERAČNÍ SÁL 2	36,0



Obr. 6.1 Rozdělení objektu dle způsobu vytápění (zelená – VZT, červená – UT)

## 6.2 Výpočet tepelných ztrát operačních sálů

Výpočet tepelných ztrát je proveden dle normy ČSN 06 0210 a výsledky jsou uvedeny v příloze č. 1. Pro výpočet součinitele přestupu tepla se vychází z půdorysu operačních sálů (obr. 6.2).



Obr. 6.2 Půdorys operačních sálů pro výpočet tepelných ztrát

Výpočet součinitele prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi:

Vnitřní neochlazovaná stěna SN1:

- omítka vápenocementová  $s = 0,005\text{m}$ ,  $\lambda = 0,99 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- POROTHERM 19 AKU  $s = 0,190$ ,  $\lambda = 0,32 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- omítka vápenocementová  $s = 0,005\text{m}$ ,  $\lambda = 0,99 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,005}{0,99} + \frac{0,19}{0,32} + \frac{0,005}{0,99} + \frac{1}{8}} = 1,17 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Vnitřní neochlazovaná stěna SN2:

- omítka vápenocementová  $s = 0,005\text{m}$ ,  $\lambda = 0,99 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- POROTHERM 11,5 CB DF  $s = 0,115$ ,  $\lambda = 0,26 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- omítka vápenocementová  $s = 0,005\text{m}$ ,  $\lambda = 0,99 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,005}{0,99} + \frac{0,115}{0,26} + \frac{0,005}{0,99} + \frac{1}{8}} = 1,42 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

#### Vnitřní neochlazovaná stěna SN3:

- sádrokartonová deska  $s = 0,02\text{m}$ ,  $\lambda = 0,22 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- vzduchová mezera  $s = 0,37\text{m}$ ,  $\lambda = 0,026 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- sádrokartonová deska  $s = 0,02\text{m}$ ,  $\lambda = 0,22 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$k_3 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,22} + \frac{0,37}{0,026} + \frac{0,02}{0,22} + \frac{1}{8}} = 0,07 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

#### Podlaha:

- podkladní beton  $s = 0,05$ ,  $\lambda = 1,58 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- podkladní železobeton  $s = 0,150$ ,  $\lambda = 1,58 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- hydroizolace  $s = 0,0015$ ,  $\lambda = 0,21 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- železobeton  $s = 0,10$ ,  $\lambda = 1,58 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- betonová mazanina  $s = 0,05\text{m}$ ,  $\lambda = 1,23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$k_{pdl} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,05}{1,58} + \frac{0,15}{1,58} + \frac{0,015}{0,21} + \frac{0,1}{1,58} + \frac{0,05}{1,23} + \frac{1}{8}} = 1,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

#### Střecha:

- sádrokartonová deska  $s = 0,02\text{m}$ ,  $\lambda = 0,22 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- vzduchová mezera  $s = 0,45\text{m}$ ,  $\lambda = 0,026 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- trapézový plech  $s = 0,006$ ,  $\lambda = 58 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- izolace MONROCK max  $s = 0,160\text{m}$ ,  $\lambda = 0,041 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- hydroizolační fólie EUROFLAME  $s = 0,004$ ,  $\lambda = 0,021 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$k_{str} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,22} + \frac{0,45}{0,026} + \frac{0,006}{58} + \frac{0,16}{0,041} + \frac{0,004}{0,021} + \frac{1}{23}} = 0,046 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

#### Prokládací okno z centrální sterilizace OC:

- rozměry okna  $0,9 \times 0,9 \text{ m}$
- $k_{okna} = 2,23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

#### Vnitřní dveře rozměru $0,9 \times 2 \text{ m}$ DN1:

- $k_{okna} = 2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

#### Vnitřní dveře rozměru $1,5 \times 2 \text{ m}$ s prosklením DN2:

- $k_{okna} = 3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

### 6.3 Výpočet tepelné zátěže

K tepelným ziskům patří vnitřní a vnější zdroje tepla. V této práci jsou popsány a počítány pouze vnitřní zdroje z důvodu dispozice větraných místností uvnitř budovy. Výpočet je proveden dle normy ČSN 73 0548 a je uveden v tab. 6.2.

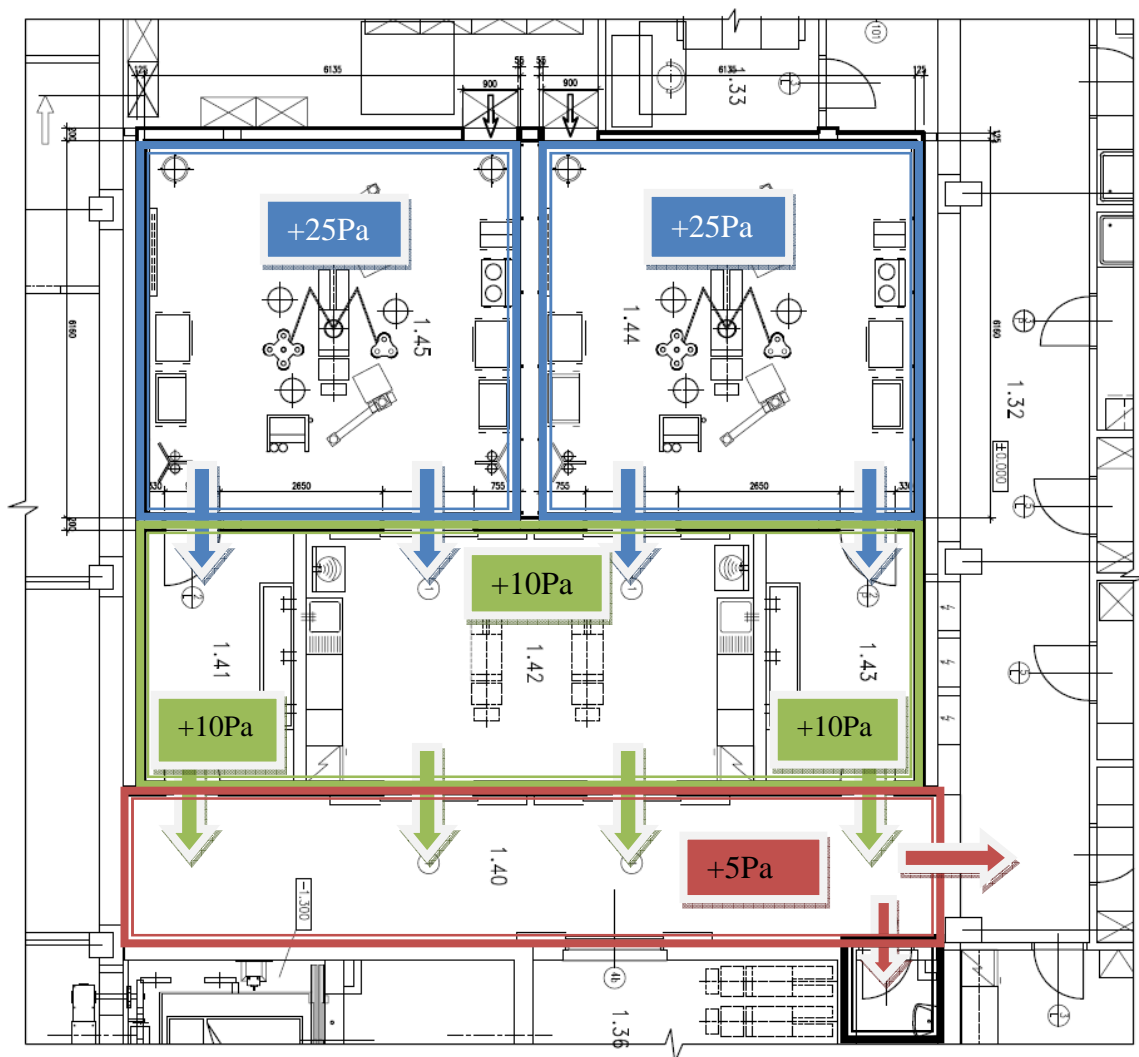
Tab. 6.2 Výpočet tepelných zisků jednotlivých místností

č.m.	Plocha míst.	Lidé			Int. os.	Prod. tepla od os.	Příkon el. zařízení	Produkce tepla			
		Počet	Cit. teplo	Vodní pára				Lidmi	Vlhkostí	Osvětlením	El. zař.
[-]	[m <sup>2</sup> ]	[-]	[W]	[kg·h <sup>-1</sup> ]	[lx]	[W·m <sup>-2</sup> ]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]
1,21	40,90	-	-	-	200	18	-	0	0	736	-
1,23	8,00	10	86,8	0,032	200	18	-	868	806	144	-
1,24	1,70	-	-	-	100	13	-	0	0	22	-
1,25	1,30	-	-	-	100	13	-	0	0	17	-
1,26	8,70	10	86,8	0,032	200	18	-	868	806	157	-
1,27	1,70	-	-	-	100	13	-	0	0	22	-
1,28	1,50	-	-	-	100	13	-	0	0	20	-
1,29	7,90	-	-	-	300	25	-	0	0	198	-
1,30	10,60	1	86,8	0,032	300	25	-	87	81	265	-
1,31	10,30	-	-	-	300	25	-	0	0	258	-
1,32	36,50	-	-	-	200	18	-	0	0	657	-
1,33	7,00	1	86,8	0,032	200	18	400	87	81	126	400
1,34	10,70	3	86,8	0,032	200	18	1000	260	242	193	-
1,35	3,30	-	-	-	100	13	-	0	0	43	-
1,40	32,70	-	-	-	200	18	-	0	0	589	-
1,41	10,30	-	-	-	300	25	-	0	0	258	-
1,42	30,90	2	72	0,032	300	25	-	144	161	773	-
1,43	10,30	-	-	-	300	25	-	0	0	258	-
1,44	36,00	8	72	0,032	1300	75	600	576	644	2700	-
1,45	36,00	8	72	0,032	1300	75	600	576	644	2700	-

## 7. DIMENZOVÁNÍ VZT ZAŘÍZENÍ

### 7.1 Stanovení tlakových diferencí

Tlakovou diferenci ve zdravotnickém zařízení musíme navrhnout tak, aby přetlak narůstal ve směru zvyšující se třídy čistoty dle obr 7.1. To nám zamezí kontaminaci daného prostoru z vnějšího prostředí.



Obr. 7.1 Tlakové difference

Přetlaky byly navrženy s ohledem na třídu čistoty daného prostoru takto:

- Operační sál +25 Pa
- Příprava a probuzení pacienta +10 Pa
- Mytí personálu +10 Pa
- Chodba operačních sálů +5 Pa



## 7.2 Stanovení množství přívodu a odvodu vzduchu

Dle tlakových diferencí, předepsané intenzity výměny (tab.7.1) a dodržení laminárního proudění stanovíme potřebný přívod a odvod vzduchu z prostoru operačních sálů a nejbližšího zázemí. Pro zbývající prostory je stanoven přívod a odvod vzduchu dle hygienických požadavků a tepelné zátěže prostoru dle vztahu:

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_p \cdot c_{pvzd} \cdot (t_i - t_p) \Rightarrow \dot{m}_p = \frac{\dot{Q}_c}{c_{pvzd} \cdot (t_i - t_p)} \quad (7.1)$$

kde:

$\dot{Q}_c$  celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru [W],

$\dot{m}_p$  hmotnostní průtok přiváděného vzduchu [kg·s<sup>-1</sup>],

$c_{pvzd}$  měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>],

$t_i$  teplota vzduchu v místnosti [°C],

$t_p$  teplota přiváděného vzduchu [°C].

Tab. 7.1 Požadované parametry ve vybraných zdravotnických prostorech

Místnost	Výpočtová teplota vzduchu		Výpočtová rel. vlhkost	Výměna vzduchu	Tlakové poměry	Přípustná hladina hluku
	zima	léto				
[-]	[°C]	[°C]	[%]	[1·h <sup>-1</sup> ]	[-]	[dB(A)]
aseptický operační sál	24	24	50	20	přetlak	35
příprava, probuzení pacienta	24	24	50	8	přetlak	35
umývárna lékařů	24	24	50	8	přetlak	45
sterilizace	22	26	-	30	přetlak	50
umývárna nástrojů	22	26	-	15	přetlak	50
sklad přístrojů	24	24	50	6	přetlak	45
chodby operačních sálů	22	24	35-70	2-4	přetlak	50
pooperační pokoj	24	22	50	8	přetlak	35

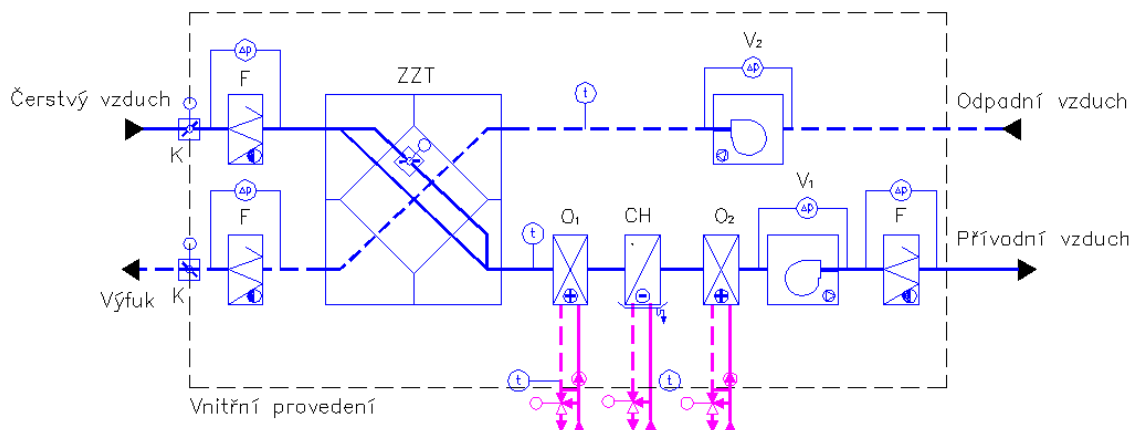
Vlastní výpočet přívodního a odvodního vzduchu je uveden v příloze č. 2.

## 7.3 Psychrometrický výpočet

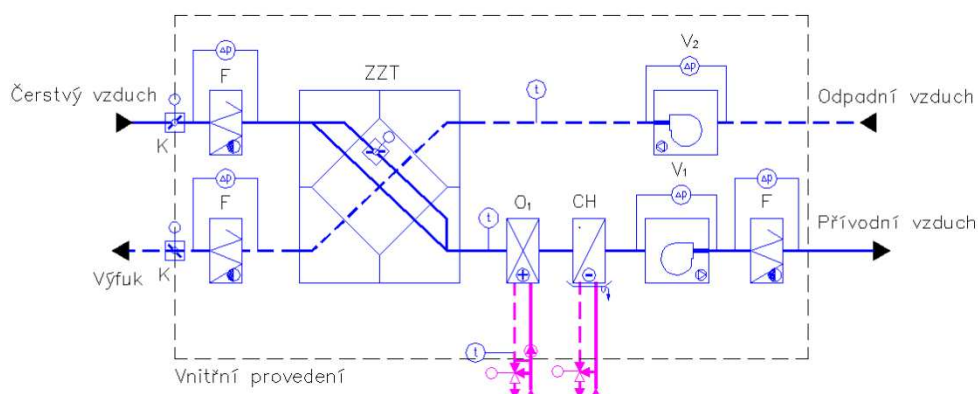
Pro návrh klimatizačního zařízení se vychází z psychrometrického výpočtu. Při výpočtu se využívá h-x diagramu dle Molliera. Výpočet je proveden pro letní a zimní provoz zařízení. Pro tyto provozy se počítá s výpočtovými hodnotami pro léto a zimu dané oblasti umístění objektu.

Potřebné množství vzduchu pro řešené zařízení bylo již stanoveno v kapitole 7.2.

Jednotky budou pracovat pouze s čerstvým venkovním vzduchem. Zařízení č.1, 2 a 3 jsou navržena v tomto složení:



Obr. 7.2 Klimatizační jednotka (zař. 1 a 2): K - uzavírací klapka, F – filtr, ZZT - rekuperační výměník,  $O_1$  – ohřívač, CH – chladič,  $O_2$  – dohřívač,  $V_1$  – přívodní ventilátor,  $V_2$  – odvodní ventilátor



Obr. 7.3 Klimatizační jednotka (zař. 3): K - uzavírací klapka, F – filtr, ZZT – rekuperační výměník,  $O_1$  – ohřívač, CH – chladič,  $V_1$  – přívodní ventilátor,  $V_2$  – odvodní ventilátor

Zařízení č. 3 není osazeno ohřívačem vzduchu. Dohřívač je umístěn až před výstupy do místností 1.41, 1.42, 1.43. Je to z důvodu vyšších požadavků na teplotu nežli v ostatním zázemí operačních sálů.

### 7.3.1 Vlastní psychrometrický výpočet

#### Zadané a vypočtené hodnoty pro výpočet zař. č. 1 a 2:

Parametry vnitřního vzduchu:

- Teplota vzduchu  $t_i = 24 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Relativní vlhkost vzduchu  $\varphi_i = 50 \pm 10 \text{ } \%$

Parametry vnějšího vzduchu:

- Léto - Teplota vzduchu  $t_e = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Letní výpočtová entalpie  $h_e = 59 \text{ kJ/kg s.v.}$

Zima	- Teplota vzduchu	$t_e = -15\text{ °C}$
	- Zimní výpočtová entalpie	$h_e = -8,9\text{ kJ/kg s.v.}$
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru:		
	- Citelným teplem	$\dot{Q}_{ic} = 3276\text{ W}$
	- Vázaným teplem	$\dot{Q}_v = 644\text{ W}$
	- Tepelné ztráty	$\dot{Q}_{ic} = -\dot{Q}_z = 1636\text{ W}$

**Letní výpočet (obrázky 7.4):**

a) Výpočet směrnice změny stavu vzduchu  $\delta_i$ :

$$\delta_i = \frac{(\dot{Q}_{ic} + \dot{Q}_{iv}) \cdot l_{23}}{\dot{Q}_{iv}} \quad (7.2)$$

$$\delta_i = \frac{(3274 + 644) \cdot 2,5 \cdot 10^6}{644} = 15,22\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = 15,22\text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$$

kde:

$\dot{Q}_{ic}$  tepelná zátěž klimatizované místnosti citelným teplem [W],  $\dot{Q}_{ic} = 3274\text{ W}$ ,

$\dot{Q}_v$  tepelná zátěž klimatizované místnosti vázaným teplem [W],  $\dot{Q}_v = 644\text{ W}$ ,

$l_{23}$  měrné výparné teplo vody [kJ·kg<sup>-1</sup>],  $l_{23} = 2,5 \cdot 10^6\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

b) Volba pracovního rozdílu teplot  $\Delta t_p$ :

Volím  $\Delta t_p = 4\text{ K}$

$$\Delta t_p = t_i - t_p \Rightarrow t_p = t_i - \Delta t_p \quad (7.3)$$

$$t_p = 24 - 4 = 20\text{ °C}$$

kde:

$t_i$  teplota vnitřního vzduchu [°C],  $t_i = 24\text{ °C}$ ,

$t_p$  teplota přiváděného vzduchu [°C],  $t_p = 20\text{ °C}$ .

c) Určení stavu P v h-x diagramu:

Stav přiváděného vzduchu do místnosti P se v diagramu určí z průsečíku teploty  $t_p$  a přímky procházející bodem I, která je rovnoběžná s přímkou spojující pól a směrnici změny stavu vzduchu  $\delta_i$ .

d) Určení rosného bodu chladiče R:

Rosný bod R nalezneme v h-x diagramu na průsečíku vypočtené měrné vlhkosti a křivky relativní vlhkosti  $\phi = 1$ . Pro výpočet měrné vlhkosti si musíme zvolit obtokový součinitel chladiče F. Pro nemocniční budovu se udává  $F = 0,05$ .

$$X_R = \frac{x_p - F \cdot x_e}{1 - F} \quad (7.4)$$

$$x_R = \frac{8,82 - 0,05 \cdot 10,2}{1 - 0,05} = 8,7 \text{ g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$$

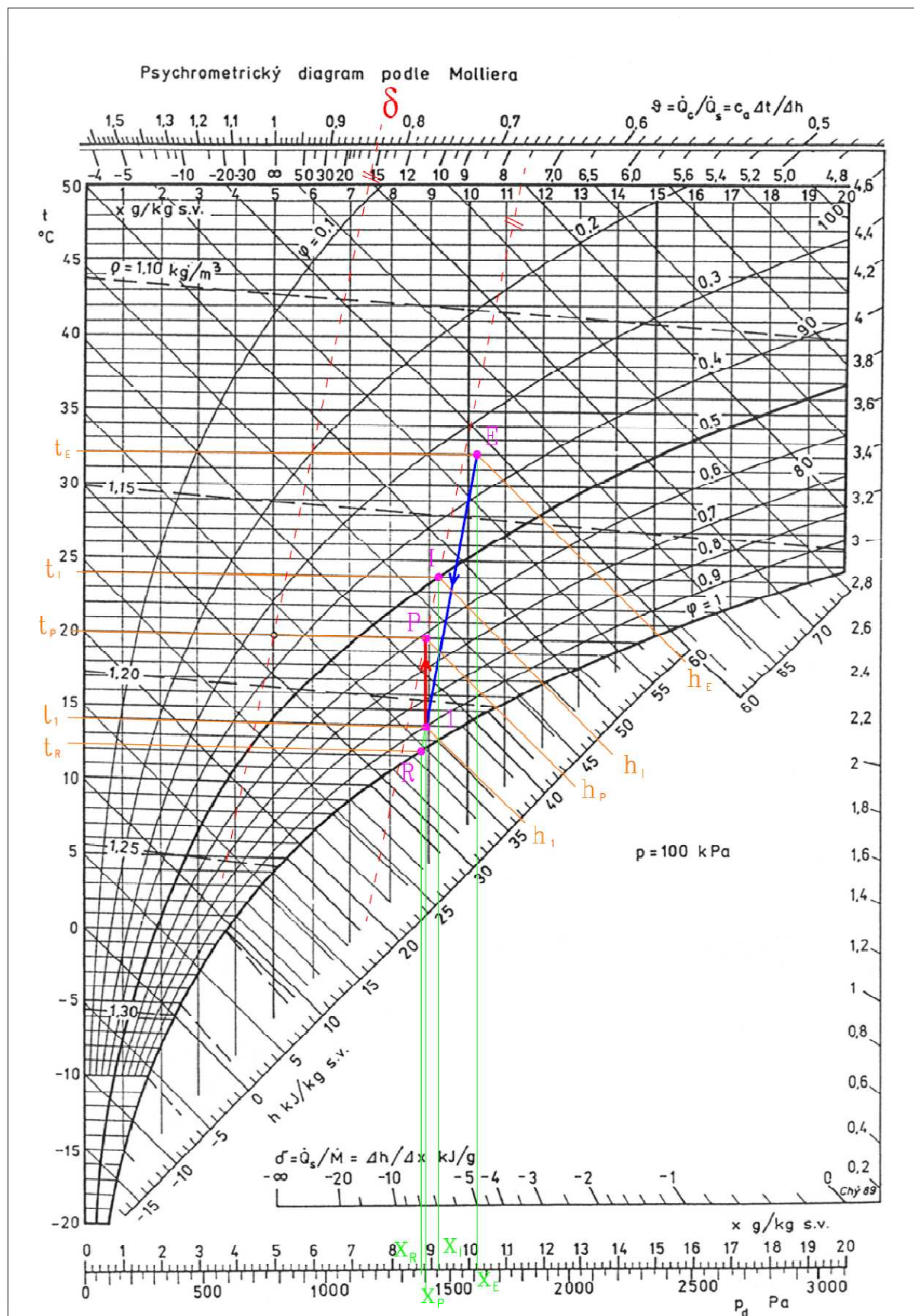
kde:

$x_p$  měrná vlhkost přiváděného vzduchu do místnosti [ $\text{g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $x_p = 8,82 \text{ g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$x_e$  měrná vlhkost venkovního vzduchu [ $\text{g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $x_e = 10,2 \text{ g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$F$  obtokový součinitel [-],  $F = 0,05$ .

Z diagramu jsme odečetli teplotu rosného bodu  $t_R = 12,2 \text{ } ^\circ\text{C}$



Obr. 7.4 Mollier h-x diagram (letní úprava)

d) Určíme stav 1 vzduchu na výstupu z chladiče:

Stav vzduchu 1 se nachází v průsečíku měrné vlhkosti  $x_p$  a úsečky, která spojuje rosný bod R chladiče, a stav přiváděného vzduchu E. Pro bod 1 jsme z diagramu odečetli následující hodnoty:

$t_1$  teplota vzduchu na výstupu z chladiče [ $^{\circ}\text{C}$ ],  $t_1 = 14^{\circ}\text{C}$ ,

$h_1$  entalpie vzduchu na výstupu z chladiče [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_1 = 36,8 \text{ kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ .

e) Hmotnostní tok přiváděného vzduchu  $\dot{m}_p$  [ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ]

Objemové množství přiváděného vzduchu bylo stanoveno v kapitole 5.2. Pro výpočet výkonu chladiče a dohříváče si musíme objemové množství přepočítat na hmotnostní průtok.

$$\dot{m}_p = \dot{V}_e \cdot \rho_e \quad (7.5)$$

$$\dot{m}_p = 0,89 \cdot 1,2 = 1,07 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

$\dot{V}_e$  objemové množství přiváděného vzduchu [ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ],  $\dot{V}_e = 0,89 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$\rho_e$  hustota vzduchu.

Pro zjednodušení výpočtu uvažujeme  $\rho_e = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Pro ověření dostačujícího množství přiváděného vzduchu vycházíme ze vztahu

$$\dot{m}_{po} = \frac{\dot{Q}_i}{h_i - h_p} \quad (7.6)$$

$$\dot{m}_{po} = \frac{3,918}{47,5 - 42,7} = 0,81 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

$\dot{Q}_i$  celková tepelná zátěž klimatizované místnosti [W],  $\dot{Q}_i = 3918 \text{ W}$

$\dot{m}_{po}$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ],

$h_p$  entalpie přiváděného vzduchu [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_p = 42,7 \text{ kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$h_i$  entalpie vzduchu vystupujícího z chladiče [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_i = 47,5 \text{ kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

Z vypočtených hodnot vyplývá, že množství přiváděného vzduchu  $\dot{m}_p$  je větší než vypočtené množství  $\dot{m}_{po}$ . Tedy splňujeme požadavek množství přívodního vzduchu do operačních sálů.

f) Výpočet výkonu chladiče  $\dot{Q}_{ch}$  [kW]

$$\dot{Q}_{ch} = \dot{m}_p \cdot (h_e - h_1) \quad (7.7)$$

$$\dot{Q}_{ch} = 1,07 \cdot (59 - 36,8) = 23,8 \text{ kW}$$

kde:

$\dot{m}_p$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_p = 1,07 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ,

$h_e$  entalpie venkovního vzduchu [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_e = 59 \text{ kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$h_1$  entalpie vzduchu vystupujícího z chladiče [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_1 = 36,8 \text{ kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ .

g) Výpočet výkonu dohříváče  $\dot{Q}_d$  [kW]

$$\dot{Q}_d = \dot{m}_p \cdot (h_p - h_1) \quad (7.8)$$

$$\dot{Q}_d = 1,07 \cdot (42,7 - 36,8) = 6,5 \text{ kW}$$

kde:

$\dot{m}_p$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_p = 1,07 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ,

$h_p$  entalpie přiváděného vzduchu [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_p = 42,7 \text{ kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$h_1$  entalpie vzduchu vystupujícího z chladiče [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_1 = 36,8 \text{ kJ}\cdot\text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ .

### **Zimní výpočet (obr. 7.5):**

a) Výpočet směrnice změny stavu vzduchu  $\delta_i$ :

$$\delta_i = \frac{(\dot{Q}_{ic} + \dot{Q}_{iv}) \cdot l_{23}}{\dot{Q}_{iv}} \quad (7.9)$$

$$\delta_i = \frac{(-1636 + 644) \cdot 2,5 \cdot 10^6}{644} = -3,9 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = -3,9 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$$

kde:

$\dot{Q}_{ic}$  tepelná zátěž klimatizované místnosti citelným teplem [W],  $\dot{Q}_{ic} = \dot{Q}_z = -1636 \text{ W}$

$\dot{Q}_v$  tepelná zátěž klimatizované místnosti vázaným teplem [W],  $\dot{Q}_v = 644 \text{ W}$ ,

$l_{23}$  měrné výparné teplo vody [ $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ],  $l_{23} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

b) Určení předeřátí vzduchu v ZZT:

Čerstvý vzduch se bude předeřívát v rekuperačním výměníku odpadním vzduchem.

$$t_k = \eta \cdot \frac{\dot{V}_{od}}{\dot{V}_{př}} \cdot (t_i - t_e) + t_e \quad (7.10)$$

$$t_k = 0,6 \cdot \frac{2560}{3200} \cdot (24 + 15) - 15 = 3,72 \text{ } ^\circ\text{C}$$

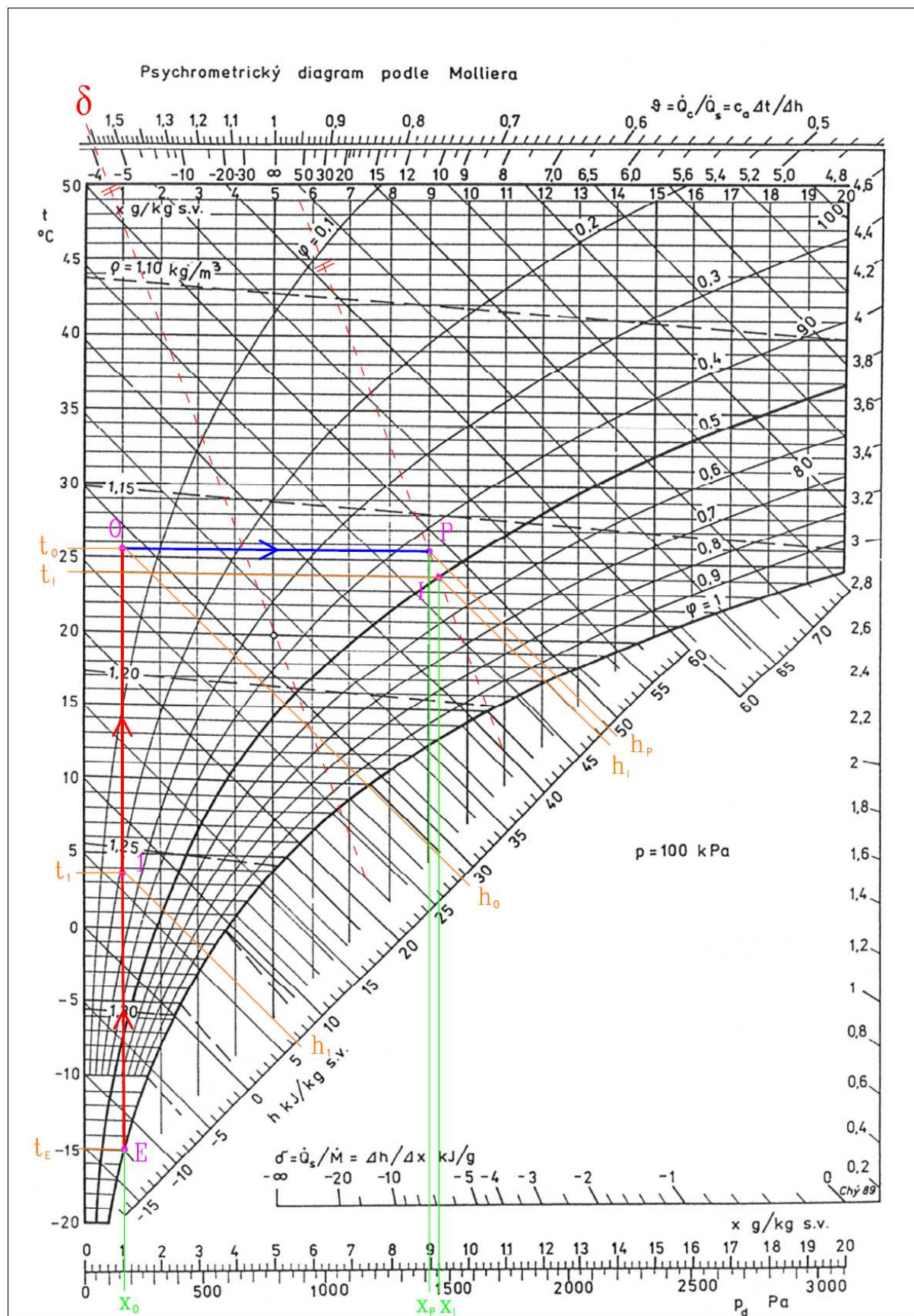
kde:

$\eta$  účinnost rekuperačního výměníku [%],  $\eta = 0,6$ ,

$V_{od}$  objemový tok odváděného vzduchu [ $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ],  $V_{od} = 2560 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ,

$V_{př}$  objemový tok přiváděného vzduchu [ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ],  $V_{př} = 3200 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ,





Obr. 7.5 Mollier h-x diagram (zimní úprava)



c) Určení stavu P v h-x diagramu:

Stav přiváděného vzduchu do místnosti P se v diagramu určí z průsečíku entalpie  $i_p$  a přímky procházející bodem I, která je rovnoběžná s přímkou spojující pól a směrnici změny stavu vzduchu  $\delta_i$ .

$$\dot{Q}_i = \dot{m}_p \cdot (h_i - h_e) \Rightarrow h_p = h_i - \frac{\dot{Q}_i}{\dot{m}_{př}} \quad (7.11)$$

$$h_p = 48 - \frac{-0,992}{1,07} = 49 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$$

kde:

$\dot{Q}_i$  celková tepelná zátěž klimatizované místnosti [kW],  $\dot{Q}_i = -0,992 \text{ kW}$ ,

$\dot{m}_p$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_p = 1,07 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$h_i$  entalpie odváděného vzduchu [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ],  $h_i = 48 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ,

$h_p$  entalpie přiváděného vzduchu [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ].

d) Určení výkonu ohřívače  $Q_o$  [kW]:

$$\dot{Q}_o = \dot{m}_p \cdot (h_o - h_1) \quad (7.12)$$

$$\dot{Q}_o = 1,07 \cdot (28,5 - 6,5) = 23,5 \text{ kW}$$

kde:

$\dot{m}_p$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_p = 1,07 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$h_o$  entalpie přiváděného vzduchu [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ],  $h_o = 28,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ,

$h_1$  entalpie vzduchu vystupujícího z chladiče [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ],  $h_1 = 6,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ .

d) Určení výkonu parního zvlhčovače:

$$\dot{m}_{zvl} = \dot{m}_p \cdot (x_p - x_o) \quad (7.13)$$

$$\dot{m}_{zvl} = 1,07 \cdot (8,9 - 1) = 8,5 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

$\dot{m}_{zvl}$  hmotnostní tok přiváděné vody [ $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$ ],

$\dot{m}_p$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_p = 1,07 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$x_o$  měrná vlhkost ohřátého vzduchu [ $\text{g} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ],  $x_o = 1 \text{ g} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ,

$x_p$  entalpie vzduchu vystupujícího z chladiče [ $\text{g} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ],  $x_p = 8,9 \text{ g} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ .

Příkon zvlhčovače k vývinu páry  $N$  [W]:

$$N = \dot{m}_{zvl} \cdot l_{23} \quad (7.14)$$

$$N = 8,5 \cdot 2500 = 21\,250 \text{ W}$$

kde:

$\dot{m}_{zvl}$  hmotnostní tok přiváděné vody [ $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_{zvl} = 8,5 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$l_{23}$  měrné výparné teplo vody [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ],  $l_{23} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

### **Zadané a vypočtené hodnoty pro výpočet zař. č. 3:**

Parametry vnitřního vzduchu:

- Teplota vzduchu v letním období  $t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$
- Teplota vzduchu v zimním období  $t_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$
- Relativní vlhkost vzduchu  $\varphi_i = 50 \text{ } \%$

Parametry v místnostech 1.41, 1.42, 1.43:

- Teplota vzduchu  $t_i = 24 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Relativní vlhkost vzduchu  $\varphi_i = \text{min. } 40 \text{ } \%$

Parametry vnějšího vzduchu:

- |      |                            |                                    |
|------|----------------------------|------------------------------------|
| Léto | - Teplota vzduchu          | $t_e = 32 \text{ }^\circ\text{C}$  |
|      | - Letní výpočtová entalpie | $h_e = 59 \text{ kJ/kg s.v.}$      |
| Zima | - Teplota vzduchu          | $t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ |
|      | - Zimní výpočtová entalpie | $h_e = -8,9 \text{ kJ/kg s.v.}$    |

Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru:

- Citelným teplem  $\dot{Q}_{ic} = 7363 \text{ W}$
- Vázaným teplem  $\dot{Q}_v = 2096 \text{ W}$

### **Letní výpočet (obr. 7.6):**

a) Výpočet směrnice změny stavu vzduchu  $\delta_i$ :

$$\delta_i = \frac{(\dot{Q}_{ic} + \dot{Q}_{iv}) \cdot l_{23}}{\dot{Q}_{iv}} \quad (7.15)$$

$$\delta_i = \frac{(7363 + 2096) \cdot 2,5 \cdot 10^6}{2096} = 11,28 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = 11,28 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$$

kde:

$\dot{Q}_{ic}$  tepelná zátěž klimatizované místnosti citelným teplem [W],  $\dot{Q}_{ic} = 7363 \text{ W}$ ,

$\dot{Q}_v$  tepelná zátěž klimatizované místnosti vázaným teplem [W],  $\dot{Q}_v = 2096 \text{ W}$ ,

$l_{23}$  měrné výparné teplo vody [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ],  $l_{23} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

b) Volba pracovního rozdílu teplot  $\Delta t_p$ :

Volíme  $\Delta t_p = 9 \text{ K}$

$$\Delta t_p = t_i - t_p \Rightarrow t_p = t_i - \Delta t_p \quad (7.16)$$

$$t_p = 26 - 9 = 17^\circ\text{C}$$

kde:

$t_i$  teplota vnitřního vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ],  $t_i = 26^\circ\text{C}$ ,

$t_p$  teplota přiváděného vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ].

c) Určení stavu P v h-x diagramu:

Stav přiváděného vzduchu do místnosti P se v diagramu určí z průsečíku teploty  $t_p$  a přímky procházející bodem I, která je rovnoběžná s přímkou spojující pól a směrnici změny stavu vzduchu  $\delta_i$ .

d) Určení rosného bodu chladiče R:

Rosný bod R nalezneme v h-x diagramu na průsečíku vypočtené měrné vlhkosti a křivky relativní vlhkosti  $\phi = 1$ . Pro výpočet měrné vlhkosti si musíme zvolit obtokový součinitel chladiče F. Pro nemocniční budovu se udává  $F = 0,05$ .

$$x_R = \frac{x_p - F \cdot x_e}{1 - F} \quad (7.17)$$

$$x_R = \frac{9,4 - 0,05 \cdot 10,2}{1 - 0,05} = 9,3 \text{ g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$$

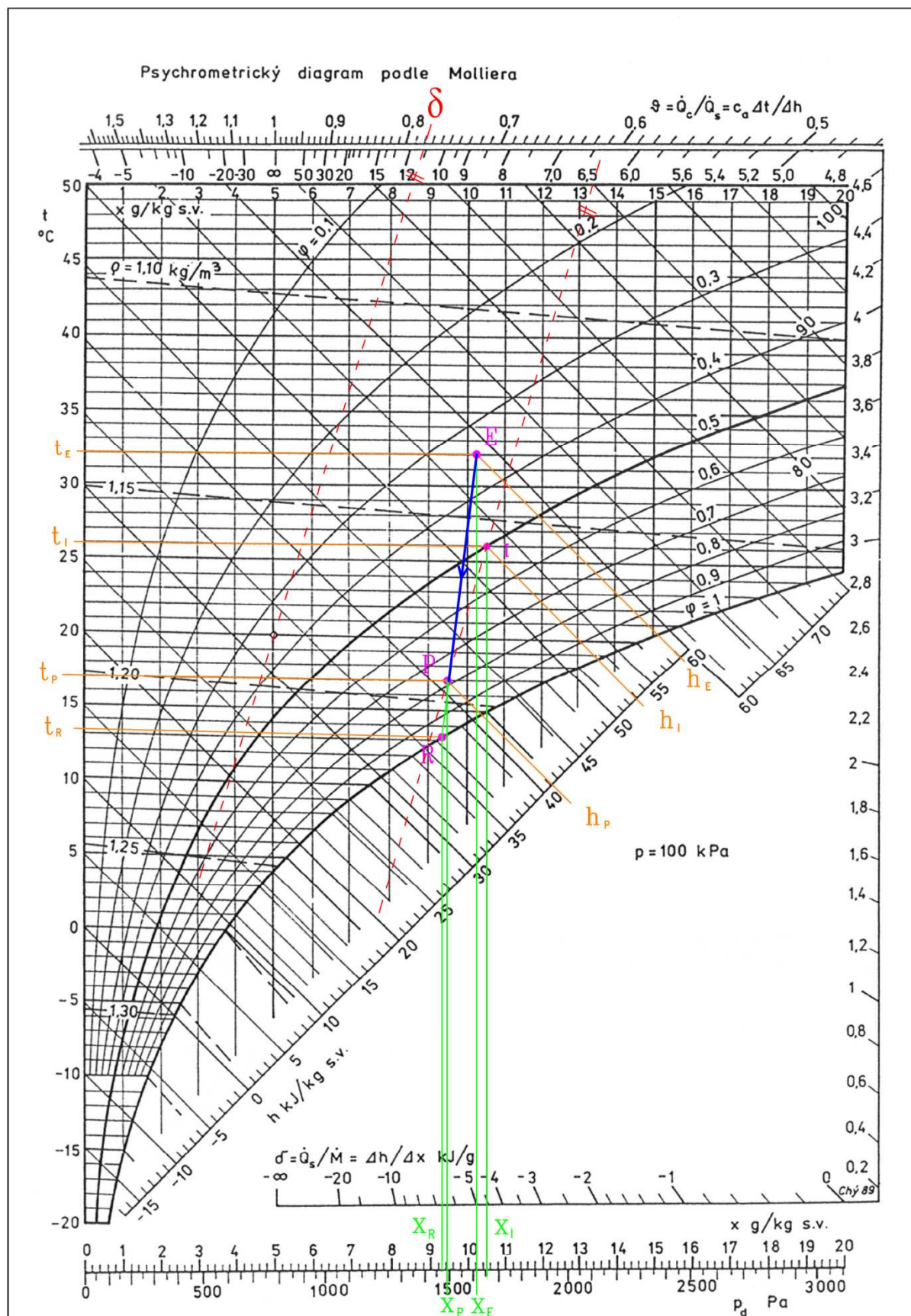
kde:

$x_p$  měrná vlhkost přiváděného vzduchu do místnosti [ $\text{g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $x_p = 9,4 \text{ g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$x_e$  měrná vlhkost venkovního vzduchu [ $\text{g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $x_e = 10,2 \text{ g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

F obtokový součinitel [-],  $F = 0,05$ .

Z diagramu jsme odečetli teplotu rosného bodu  $t_R = 13,2^\circ\text{C}$



*Obr. 7.6 Mollier  $h$ - $x$  diagram (letní úprava)*

e) Hmotnostní průtok přiváděného vzduchu  $\dot{m}_p$  [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

Objemové množství přiváděného vzduchu bylo stanoveno v kapitole 7.2. Pro výpočet výkonu chladiče si musíme objemové množství přepočítat na hmotnostní průtok.

$$\dot{m}_p = \dot{V}_e \cdot \rho_e \quad (7.18)$$

$$\dot{m}_p = 0,7 \cdot 1,2 = 0,84 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

$\dot{V}_e$  objemové množství přiváděného vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{V}_e = 0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$\rho_e$  hustota vzduchu.

Pro zjednodušení výpočtu uvažujeme  $\rho_e = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Pro ověření dostačujícího množství přiváděného vzduchu vycházíme ze vztahu

$$\dot{m}_{po} = \frac{\dot{Q}_i}{h_i - h_p} \quad (7.19)$$

$$\dot{m}_{po} = \frac{9,459}{53 - 41} = 0,79 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

$\dot{Q}_i$  celková tepelná zátěž klimatizované místnosti [W],  $\dot{Q}_i = 9,459 \text{ kW}$ ,

$\dot{m}_{po}$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],

$h_p$  entalpie přiváděného vzduchu [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_p = 53 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$h_i$  entalpie vzduchu vystupujícího z chladiče [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_i = 41 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ .

Z vypočtených hodnot vyplývá, že množství přiváděného vzduchu  $\dot{m}_p$  je větší než vypočtené množství  $\dot{m}_{po}$ . Tedy splňujeme požadavek množství přiváděného vzduchu do zázemí operačních sálů.

f) Výpočet výkonu chladiče  $\dot{Q}_{ch}$  [kW]

$$\dot{Q}_{ch} = \dot{m}_p \cdot (h_e - h_p) \quad (7.20)$$

$$\dot{Q}_{ch} = 0,84 \cdot (59 - 41) = 15 \text{ kW}$$

kde:

$\dot{m}_p$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_p = 1,07 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$h_e$  entalpie přiváděného vzduchu [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_e = 59 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$h_p$  entalpie vzduchu vystupujícího z chladiče [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_p = 41 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ .

**Zimní výpočet (obr. 7.7):**

a) Výpočet směrnice změny stavu vzduchu  $\delta_i$ :

$$\delta_i = \frac{(\dot{Q}_{ic} + \dot{Q}_{iv}) \cdot l_{23}}{\dot{Q}_{iv}} \quad (7.21)$$

$$\delta_i = \frac{(0 + 2096) \cdot 2,5 \cdot 10^6}{2096} = 2,5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = 2,5 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$$

kde:

$\dot{Q}_{ic}$  tepelná zátěž klimatizované místnosti citelným teplem [W],  $\dot{Q}_{ic} = 0 \text{ W}$ ,

$\dot{Q}_v$  tepelná zátěž klimatizované místnosti vázaným teplem [W],  $\dot{Q}_v = 2096 \text{ W}$ ,

$l_{23}$  měrné výparné teplo vody [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ],  $l_{23} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

b) Určení předeřívání vzduchu v ZZT:

Čerstvý vzduch se bude předeřívát v rekuperačním výměníku odpadním vzduchem.

$$t_k = \eta \cdot \frac{V_{od}}{V_{př}} \cdot (t_i - t_e) + t_e \quad (7.22)$$

$$t_k = 0,5 \cdot \frac{3560}{2520} \cdot (22 + 15) - 15 = 11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

kde:

$\eta$  účinnost rekuperačního výměníku [%],  $\eta = 0,5$ ,

$V_{od}$  objemový tok odváděného vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ],  $V_{od} = 3560 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ,

$V_{př}$  objemový tok přiváděného vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $V_{př} = 2520 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ,

$t_e$  teplota přiváděného vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ],  $t_e = -15 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,

$t_i$  teplota odváděného vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ],  $t_i = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

c) Určení stavu P v h-x diagramu:

Stav přiváděného vzduchu do místnosti P se v diagramu určí z průsečíku entalpie  $i_p$  a přímky procházející bodem I, která je rovnoběžná s přímkou spojující pól a směrnici změny stavu vzduchu  $\delta_i$ .

$$\dot{Q}_i = \dot{m}_p \cdot (h_i - h_e) \Rightarrow h_p = h_i - \frac{\dot{Q}_i}{\dot{m}_{př}} \quad (7.23)$$

$$h_p = 43 - \frac{2,096}{0,84} = 40,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$$

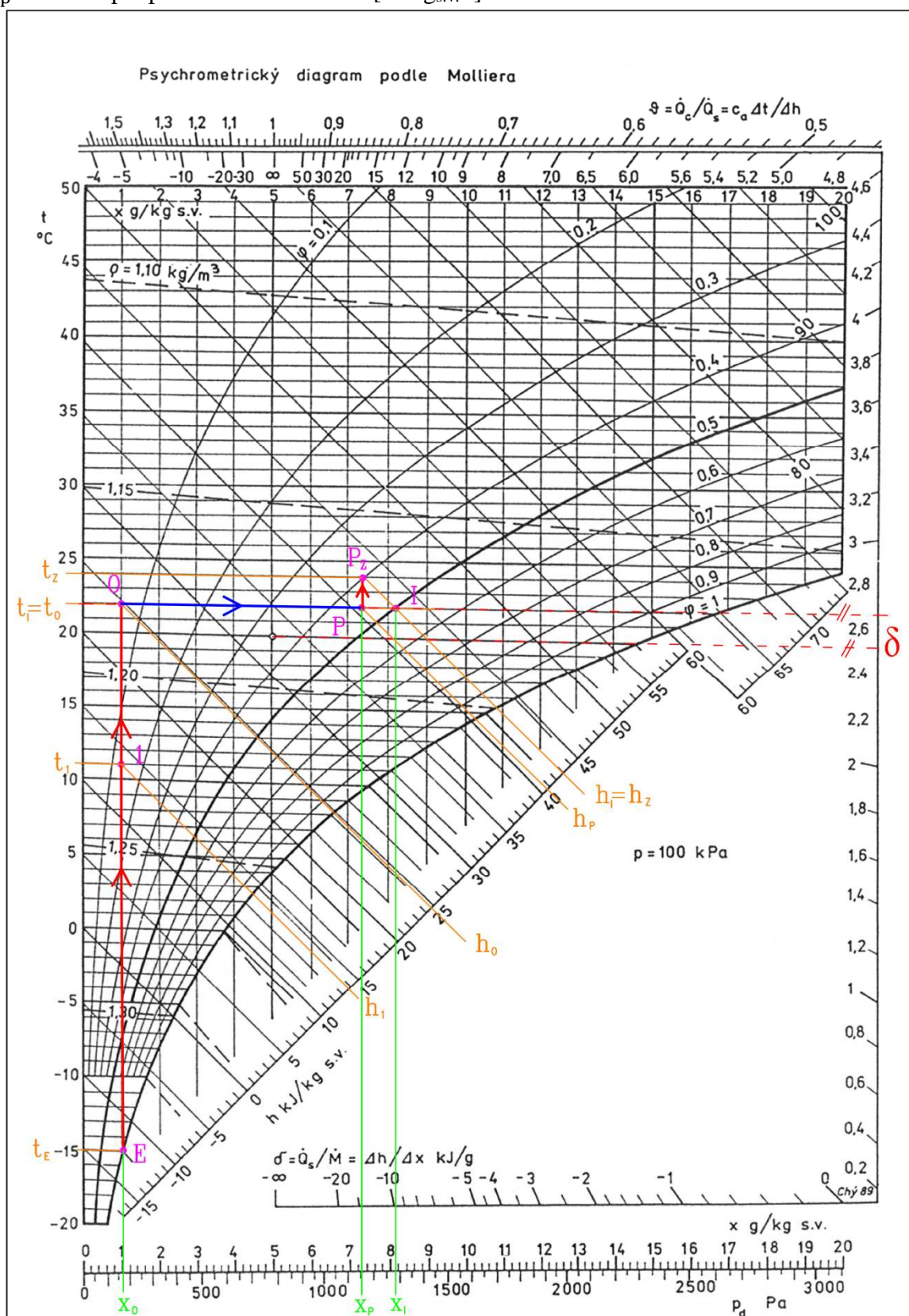
kde:

$\dot{Q}_i$  celková tepelná zátěž klimatizované místnosti [kW],  $\dot{Q}_i = 2,096 \text{ kW}$ ,

$\dot{m}_p$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_p = 0,84 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$h_i$  entalpie odváděného vzduchu [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ],  $h_i = 43 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{s.v.}^{-1}$ ,

$h_p$  entalpie přiváděného vzduchu [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ].



Obr. 7.7 Mollier h-x diagram (zimní úprava)



d) Určení výkonu ohřívače  $\dot{Q}_o$  [kW]:

$$\dot{Q}_o = \dot{m}_p \cdot (h_o - h_1) \quad (7.24)$$

$$\dot{Q}_o = 0,84 \cdot (24,8 - 13,8) = 9,3 \text{ kW}$$

kde:

$\dot{m}_p$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_p = 0,84 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$h_o$  entalpie přiváděného vzduchu [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_p = 24,8 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$h_1$  entalpie vzduchu vystupujícího z chladiče [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_1 = 13,8 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ .

e) Určení výkonu parního zvlhčovače:

$$\dot{m}_{\text{zvl}} = \dot{m}_p \cdot (x_p - x_o) \quad (7.25)$$

$$\dot{m}_{\text{zvl}} = 0,84 \cdot (7,2 - 1) = 5,2 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

$\dot{m}_{\text{zvl}}$  hmotnostní tok přiváděné vody [ $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$ ],

$\dot{m}_p$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_p = 0,84 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$x_o$  měrná vlhkost ohřátého vzduchu [ $\text{g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $x_o = 1 \text{ g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$x_p$  entalpie vzduchu vystupujícího z chladiče [ $\text{g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ].  $x_p = 7,2 \text{ g} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ .

Příkon zvlhčovače k vývinu páry  $N$  [W]:

$$N = \dot{m}_{\text{zvl}} \cdot l_{23} \quad (7.26)$$

$$N = 5,2 \cdot 2500 = 13\,000 \text{ W}$$

kde:

$\dot{m}_{\text{zvl}}$  hmotnostní tok přiváděné vody [ $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_{\text{zvl}} = 5,2 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$l_{23}$  měrné výparné teplo vody [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ],  $l_{23} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

d) Určení výkonu dohřívače  $\dot{Q}_d$  [kW]:

Do přívodu vzduch do místností 1.41, 1.42 a 1.43 jsme navrhli elektrický dohřívač. Je zde vložen z důvodu vyššího požadavku na teplotu.

$$\dot{Q}_d = \dot{m}_m \cdot (h_{pz} - h_p) \quad (7.27)$$

$$\dot{Q}_d = 0,29 \cdot (43 - 40,5) = 0,7 \text{ kW}$$

kde:

$\dot{m}_m$  hmotnostní tok přiváděného vzduchu do místnosti [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  $\dot{m}_p = 0,29 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$h_{pz}$  entalpie přiváděného vzduchu do místnosti [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_p = 43 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ,

$h_p$  entalpie přiváděného vzduchu do ohřívače [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ ],  $h_1 = 40,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}_{\text{s.v.}}^{-1}$ .



## 7.4 Návrh přívodních a odvodních elementů

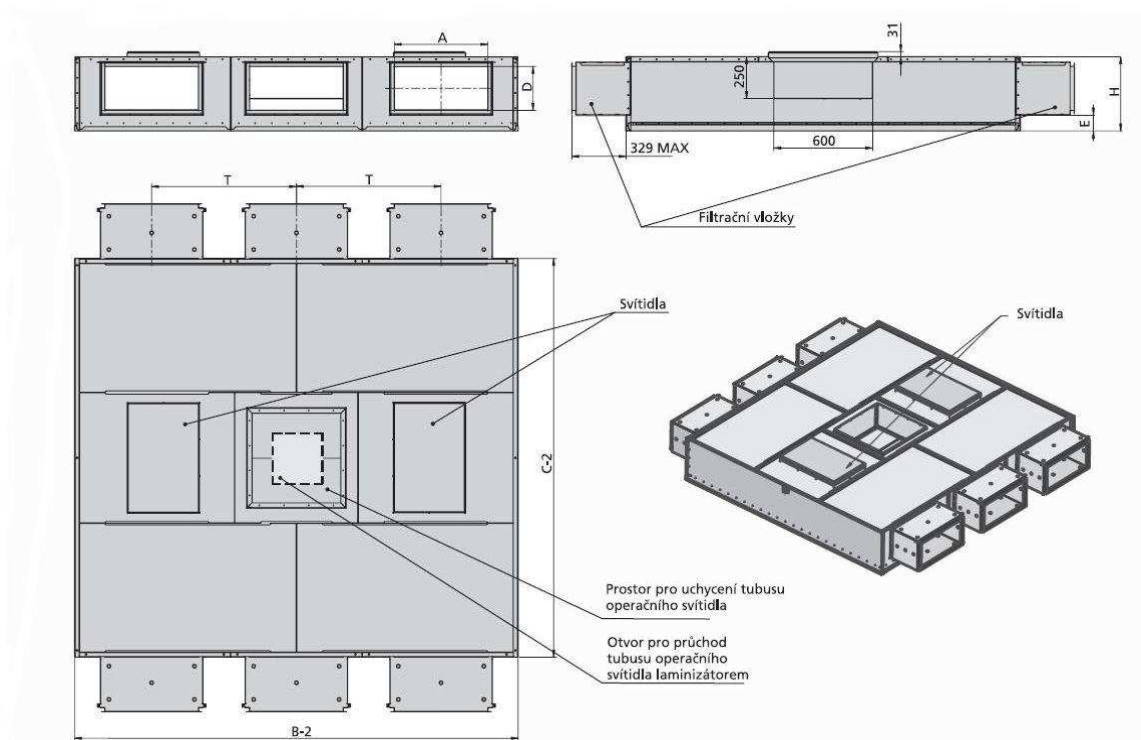
### 7.4.1 Návrh laminárního stropu

Pro daný příklad volíme laminární strop firmy GEA-LVZ typ Fresh Heaven skupiny Y. To znamená, že pomocné upínací rámy filtračních vložek jsou umístěny na boku skříně a umožňují posunutí rámu vůči boční stěně skříně ve směru přívodu vzduchu a tím i využití prostoru uvnitř nebo vně skříně, dle požadavků zástavby. [11]

Pro návrh laminárního stropu se vycházelo z podkladů firmy GEA-LVZ a to následujícím postupem:

1. Z rozměrové řady si stanovíme rozměr čela C a rozměr boku B. V tab. 7.2 poté odečteme výtokovou plochu laminarizátoru bez tubusu pro operační světlo.

Skupina Y

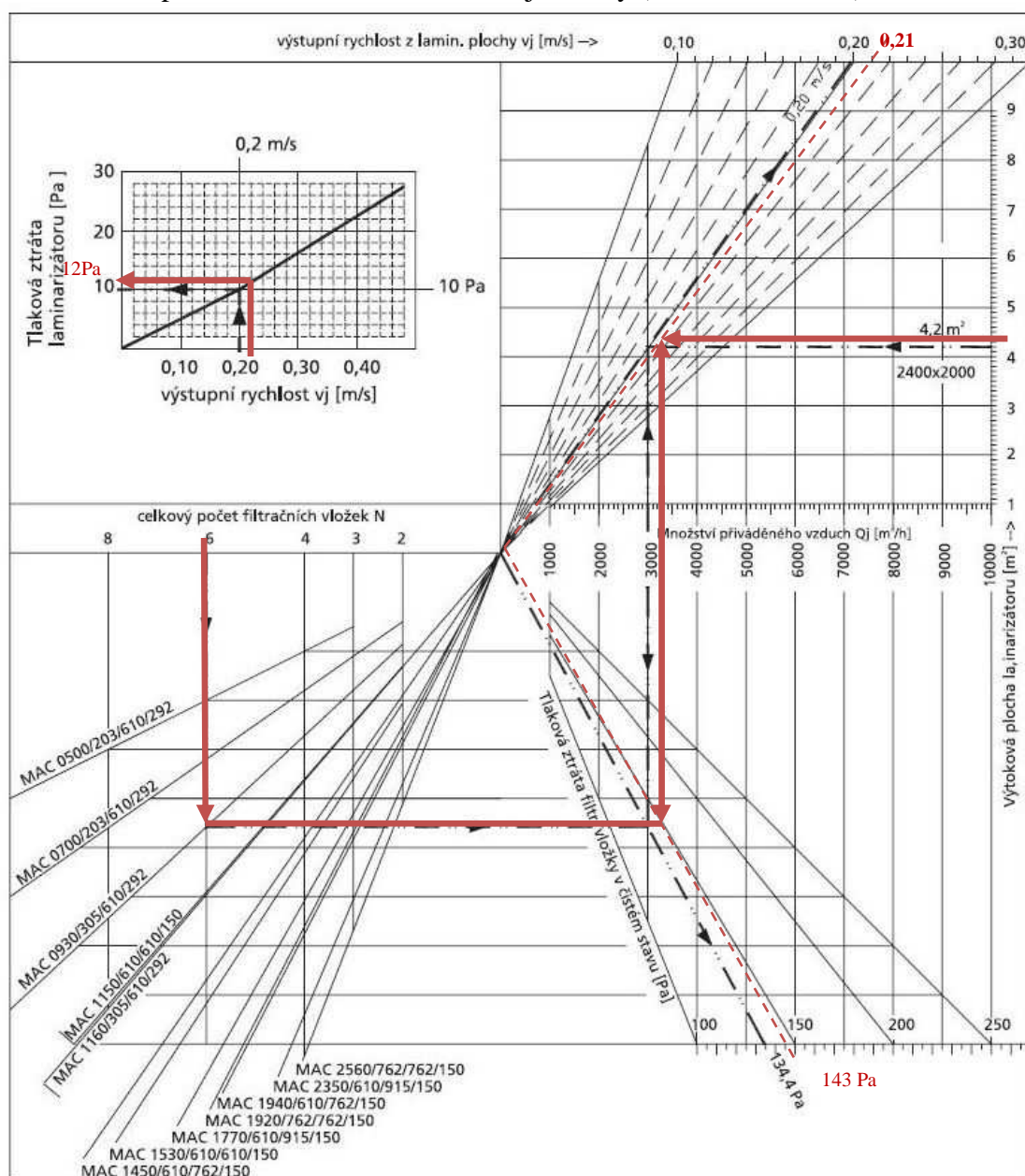


Obr. 7.8 Návrh laminárního stropu (www.gealvz.cz)

Tab. 7.2 Výtokové rozměry stropu - \*\*doporučeno pro skupinu Y (www.gealvz.cz)

Jmenovitý rozměr čela C (mm)	Jmenovitý rozměr boku B (mm)						
	v tabulce výtoková plocha laminarizátoru bez tubusu (m <sup>2</sup> )						
	2025	2100	2400	2700	3000	3300	3375
1200	2,00	2,08**	2,40**	2,71	3,03	3,35	3,43
1350	2,28*	2,37	2,73	3,10*	3,46	3,82	3,91*
1400	2,38	2,47	2,85**	3,23	3,60	3,98	4,08
1600	2,75	2,86	3,30**	3,74	4,18	4,61	4,72
1800	3,13	3,25	3,75**	4,25**	4,75**	5,25	5,37
2000	3,51	3,65	4,20**	4,76**	5,32**	5,88	6,02
2025	3,55*	3,69	4,26	4,83	5,39	5,96	6,10*
2400	4,26	4,43	5,11**	5,79**	6,46**	7,14**	7,31

2. Z množství přiváděného vzduchu a výtokové plochy laminarizátoru se z diagramu 1 (obr. 7.8) odečte výstupní rychlost vzduchu. Rozsah výstupních rychlostí se pro operační sály udává 0,18 až 0,22  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
3. Z diagramu 1 (obr. 7.8) odečteme počet a typ filtračních vložek. Dále odečteme tlakovou ztrátu filtrační vložky v čistém stavu.
4. Z rychlosti vzduchu na výstupu se v malém diagramu odečte tlaková ztráta laminarizátoru.
5. Provedeme součet tlakové ztráty filtrační vložky a laminarizátoru. Vypočtená hodnota se zahrne pro dimenzování klimatizační jednotky (návrh ventilátoru).



Obr. 7.9 Diagram základních parametrů

**Návrh laminárního stropu Fresh Heaven:**

Stanoveno	- velikost FH 2700x1800 bez tubusu - množství přiváděného vzduchu $3200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
Odečteno	- výtoková plocha $4,25 \text{ m}^2$ - výstupní rychlost vzduchu $0,21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Zvoleno	- počet filtračních vložek $N = 6$ - filtrační vložkami 0930/305/610/292
Odečteno	- tlaková ztráta filtrační vložky 143 Pa - tlaková ztráta laminarizátoru 12 Pa
Vypočteno	- celková projektovaná tlaková ztráta $p_{ztr} = 143 + 12 = 155 \text{ Pa}$ (vyhovuje obvyklému rozmezí tlakové ztráty Fresh Heaven)

**7.4.2 Návrh přírodních elementů do zázemí operačních sálů**

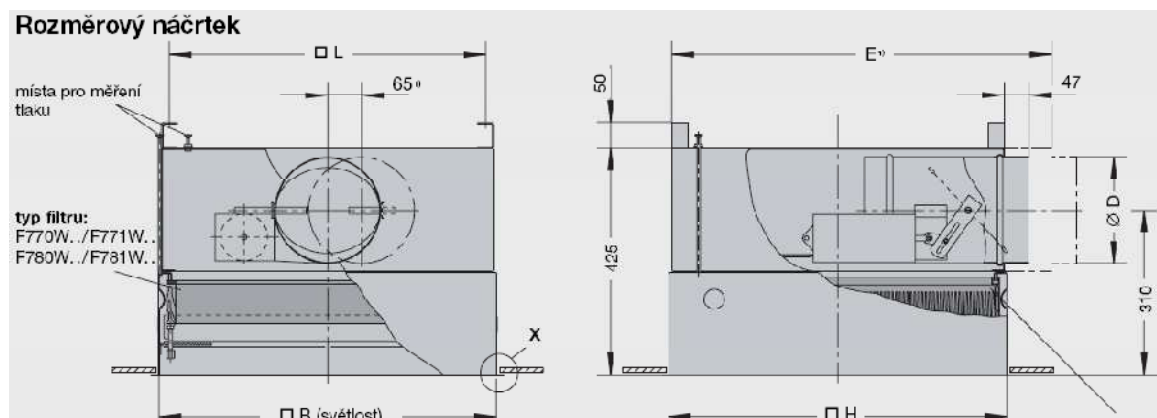
Pro přívod vzduchu do zázemí operačních sálů jsou navrženy pouze čisté nástavce typu **F 655** (s pneumatickým servopohonem – bez tlaku je nástavec zavřen) od firmy TROX technic. Tyto nástavce jsou osazeny HEPA filtry třídy H13. Přímo v nástavci je zabudována vzduchotěsně uzavíratelná klapka, která nám slouží jako pojistka při výpadku regulační a pojistné energie. Nástavec musí splňovat tyto parametry:

- nesmí být zdrojem znečištění (usazování prachových částic či množení bakterií),
- výměna filtračních vložek nebo provedení jiné údržby musí být proveditelné bez přerušení provozu zařízení,
- provedení testu olejovým aerosolem a desinfekce na straně čistého vzduchu po instalaci filtračních vložek, a možností pozdějšího libovolného opakování. [9]

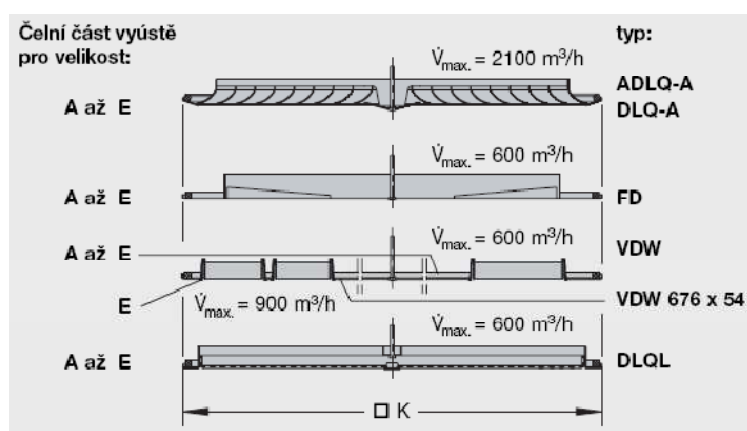
Návrh čistých nástavců se provede dle požadavků na množství přiváděného vzduchu do prostoru dle tab.7.3.

Tab. 7.3 Rozměrové řady čistých nástavců typu F 655 ([www.trox.de/cz](http://www.trox.de/cz))

Velikost	průtok vzduchu v l/s ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	rozměry filtrační vložky B x H x T v mm	rozměry komory filtru v mm						
			□ B	∅ D	E	□ H	□ J	□ K	□ L
A	70 (250)	305 x 305 x 78	328	123	414	331	356	359	290
B	170 (600)	457 x 457 x 78	480	158	–	483	510	518	442
C	240 (850)	535 x 535 x 78	558	198	–	561	588	598	520
D	270 (970)	575 x 575 x 78	598	198	–	601	620	623	560
E	310 (1100)	610 x 610 x 78	633	198	–	636	663	676	595



Obr. 7.10 Rozměrový náčrt čistého nástavce (www.trox.de/cz)



Obr. 7.11 Čelní část vyústě (www.trox.de/cz)

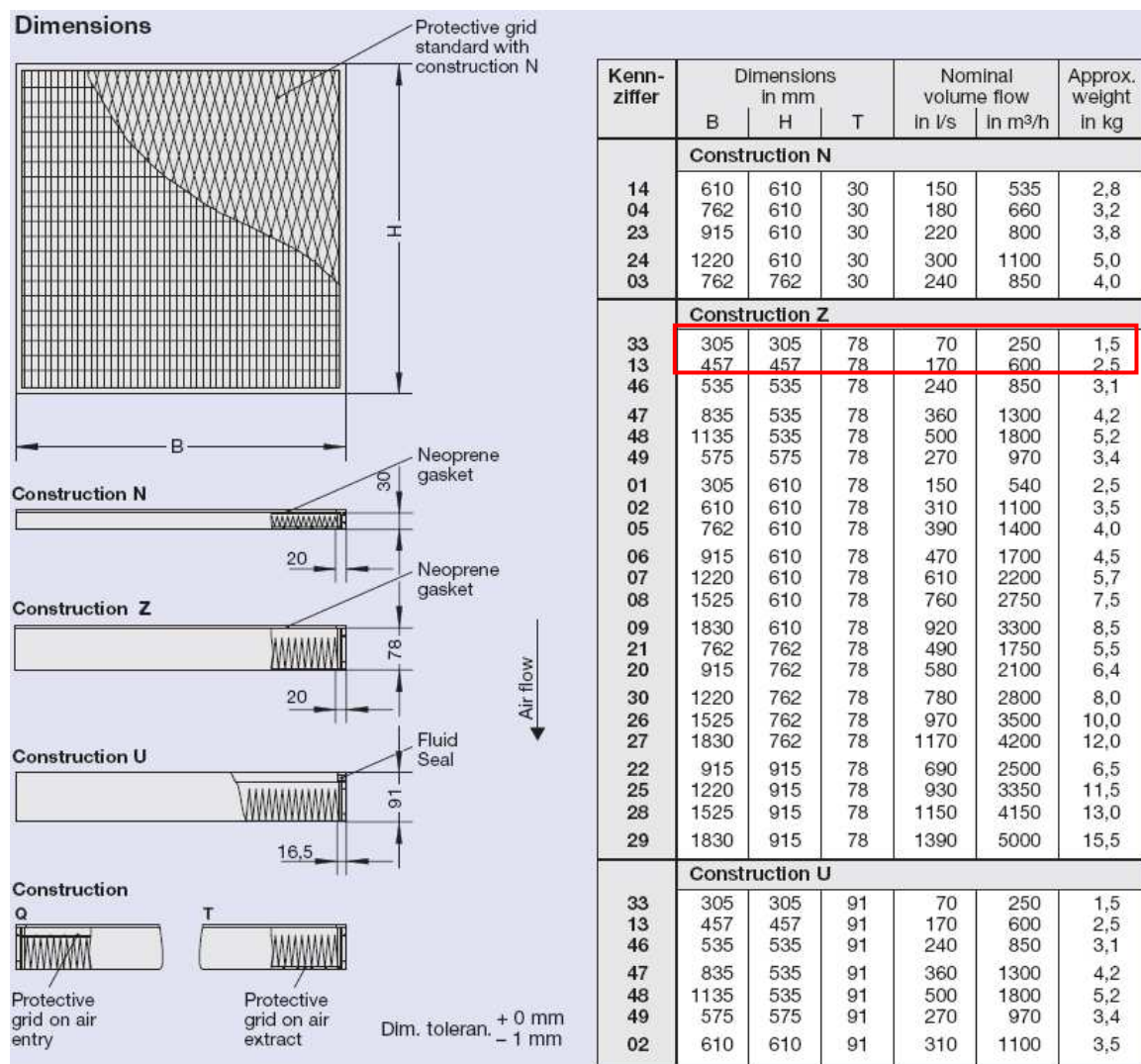
**Návrh čistých nástavců:**

Čisté nástavce jsme navrhli typu **F 655** s čelní vyústí **ADLQ-A** dle obr. 7.9 a 7.10. Pro jednotlivé místnosti byly velikosti nástavců navrženy takto:

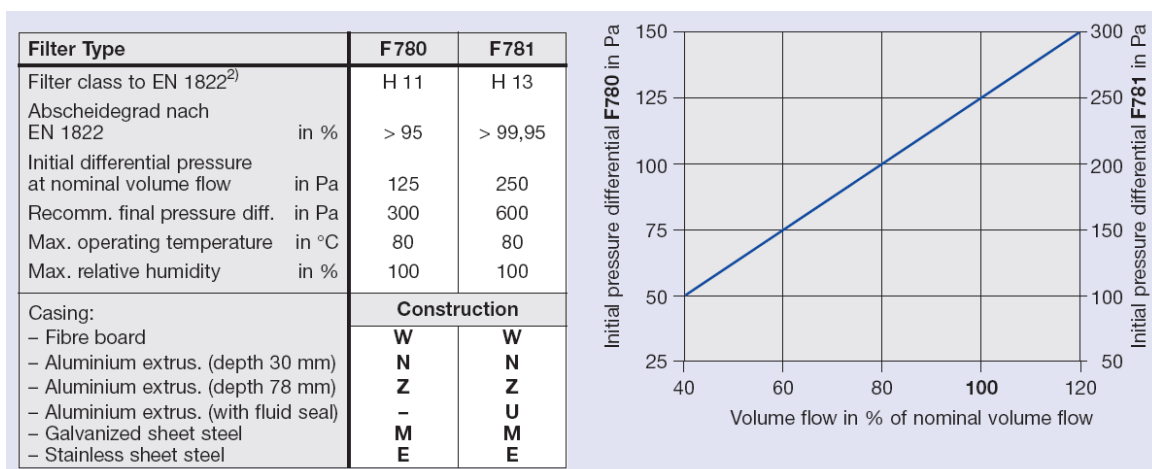
Tab. 7.4 Návrh čistých nástavců

č.m.	Objemový tok přív. vzduchu	Velikost nástavce	Rozměr čelní vyústí	Tlaková ztráta HEPA filtru (v čistém stavu)
[-]	[m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> ]	[-]	[mm]	[Pa]
1.21	150	A	359	250
1.23	220	A	359	250
1.26	220	A	359	250
1.29	150	A	359	250
1.30	150	A	359	250
1.31	150	A	359	250
1.32	150	A	359	250
1.33	150	A	359	250
1.34	150	A	359	250
1.40	150	A	359	250
1.41	220	A	359	250
1.42	440	B	518	250
1.43	220	A	359	250

Tlaková ztráta nástavce vychází dle ztráty filtru. Pro návrh HEPA filtru vycházíme z rozměrů nástavce dle tab. 7.3.



Obr. 7.11 Rozměrové řady HEPA filtrů (www.trox.de/cz)



Obr. 7.12 Tlakové ztráty HEPA filtru (www.trox.de/cz)



### 7.4.3 Návrh odvodních elementů operačních sálů a jejich zázemí

#### Odvodní mřížky:

V operačních sálech jsou pro odvod vzduchu navrženy odváděcí mřížky v čistém provedení. Jsou navrženy dvě velikosti mřížek a to pro odvod vzduchu u podlahy a pro odvod vzduchu u stropu operačních sálů:

- pro odvod u podlahy mřížka rozměru 400 x 200 mm
- pro odvod u stropu mřížka rozměru 300 x 200 mm

Tab. 7.5 Rozměrová řada odsávacích mřížek ([www.block.cz](http://www.block.cz))

Typ	Jmenovitý rozměr (otvor v příčce) A x B [mm]	Hmotnost [kg]	Objemový průtok [m <sup>3</sup> /h] pro rychlost vzduchu $w$ (m.s <sup>-1</sup> )		Volná plocha [%]	Efektivní volná plocha průřezu $A_{\text{efekt}}$ [mm <sup>2</sup> ]
			0,5	max.		
VPK	100 x 200 (200 x 100)	0,6	7	43	20	3 984
	100 x 300 (300 x 100)	0,7	14	84	26	7791
	150 x 150	0,62	8	50	21	4671
	200 x 200	0,75	18	106	25	9813
	200 x 300 (300 x 200)	0,9	28	170	26	15779
	200 x 400 (400 x 200)	1,1	39	232	27	21470
	300 x 300	1,2	45	269	28	24904
	300 x 400 (400 x 300)	1,5	62	369	29	34187
	300 x 500 (500 x 300)	1,85	78	469	29	43469
	300 x 600 (600 x 300)	2,0	95	570	29	52752
	400 x 500 (500 x 400)	2,2	107	644	30	59640
	400 x 600 (600 x 400)	2,5	130	782	30	72377
	650 x 650	4,2	240	1437	32	133097
	750 x 400	6,0	166	994	31	92061
VPR	100 x 200 (200 x 100)	0,7	7	43	20	3984
	200 x 200	1,1	18	106	25	9813
	200 x 300 (300 x 200)	1,4	28	170	26	15779
	200 x 400 (400 x 200)	1,8	39	232	27	21470
	300 x 300	2,0	45	269	28	24904
	300 x 400 (400 x 300)	2,6	62	369	29	34187
	300 x 500 (500 x 300)	3,2	78	469	29	43469
	400 x 600 (600 x 400)	4,9	130	782	30	72377
	650 x 650	8,3	240	1437	32	133097
	750 x 400	6,0	166	994	31	92061



Obr. 7.13 Odsávací mřížka po zabudování ve stěně operačního sálu ([www.block.cz](http://www.block.cz))

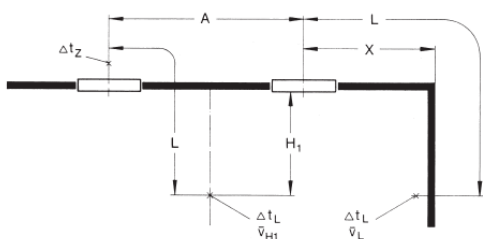
#### Přívodní a odvodní anemostaty, talířové ventily:

V zázemí operačních sálů jsou pro odsávání vzduchu použity anemostaty a talířové ventily v klasickém provedení.

*Anemostaty:* Návrh anemostatů vychází z požadavků na množství odsávaného vzduchu z daného prostoru. Pro daný případ jsme zvolili anemostaty typu DLQ - AK od

firmy TROX. Při návrhu se vycházelo z parametrů dle obr. 7.14. V práci jsou použity pouze dva typ anemostatů a to velikosti 300 a 400.

### Definice



- $\dot{V}$  v l/s: průtokné množství na anemostat  
 $\dot{V}$  v m<sup>3</sup>/h: průtokné množství na anemostat  
 $A$  v m: vzdálenost mezi dvěma anemostaty  
 $L$  v m: vzdálenost horizontální a vertikální ( $X + H_1$ ) výfuk proti zdi  
 $X$  v m: vzdálenost středu anemostatu ke stěně

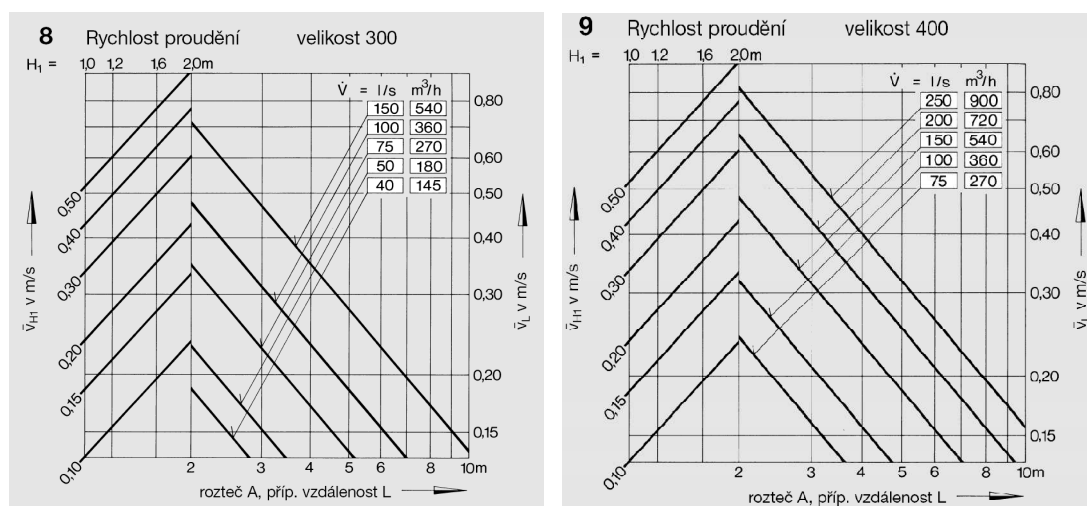
- $H_1$  v m: vzdálenost mezi stropem a pásmem pobytu  
 $A_{\text{eff}}$  v m<sup>2</sup>: efektivní výstupní plocha  
 $\bar{v}_L$  v m/s: střední rychlost proudění u stěny  
 $\bar{v}_{H1}$  v m/s: střední rychlost proudění mezi dvěma anemostaty ve vzdálenosti od stropu  $H_1$   
 $\Delta t_Z$  v K: teplotní difference mezi vzduchem v místnosti a přiváděným vzduchem  
 $\Delta t_L$  v K: difference mezi teplotou v místnosti a teplotou proudění ve vzdálenosti  $L = A/2 + H_1$  příp.  $L = X + H_1$   
 $\Delta p_t$  v Pa: celková tlaková ztráta  
 $L_{WA}$  v dB(A): A-hladina akustického výkonu  
 $L_{WNC}$ : mezní křivka spektra akustického výkonu  
 $L_{WNR}$ :  $L_{WNR} = L_{WNC} + 2$   
 $L_{pA}, L_{pNC}$ : A-hodnota příp. NC křivka hladiny akustického tlaku v prostoru  $L_{pA} \approx L_{WA} - 8 \text{ dB}$   
 $L_{pNC} \approx L_{WNC} - 8 \text{ dB}$   
 $\Delta L$  in dB/Okt.: relativní hladina akustického výkonu vztahovaná na  $L_{WA}$   
 $L_W$  in dB/Okt.: oktavová hladina akustického výkonu proudění  $L_W = L_{WA} + \Delta L$

Obr. 7.14 Data potřebná pro návrh odvodního anemostatu ([www.trox.de/cz](http://www.trox.de/cz))

Rozměry a potřebná data pro výpočet anemostatu jsou převzata z tab.7.6 a obr. 7.15.

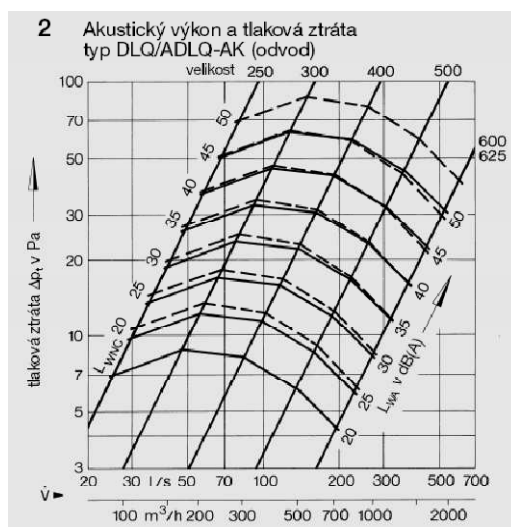
Tab. 7.6 Rozměrová řada anemostatů ([www.trox.de/cz](http://www.trox.de/cz))

Velikost	D	H	K	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	AK-označení
250	158	262	216	248	198	AK 008
300	158	262	266	298	248	AK 009
400	198	307	372	398	348	AK 002
500	248	357	476	498	448	AK 010
600	313	420	567	598	548	AK 011
625	313	420	567	623	573	AK 011



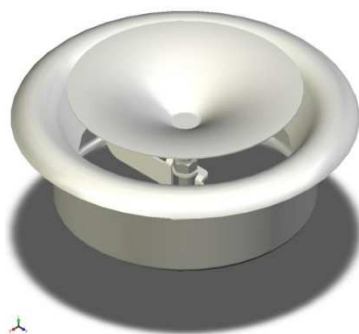
Obr. 7.15 Diagramy pro návrh jednotlivých typů anemostatů ([www.trox.de/cz](http://www.trox.de/cz))

Pro zjištění tlaková ztráty a akustického výkonu jednotlivých anemostatů se vychází z obr. 7.16.

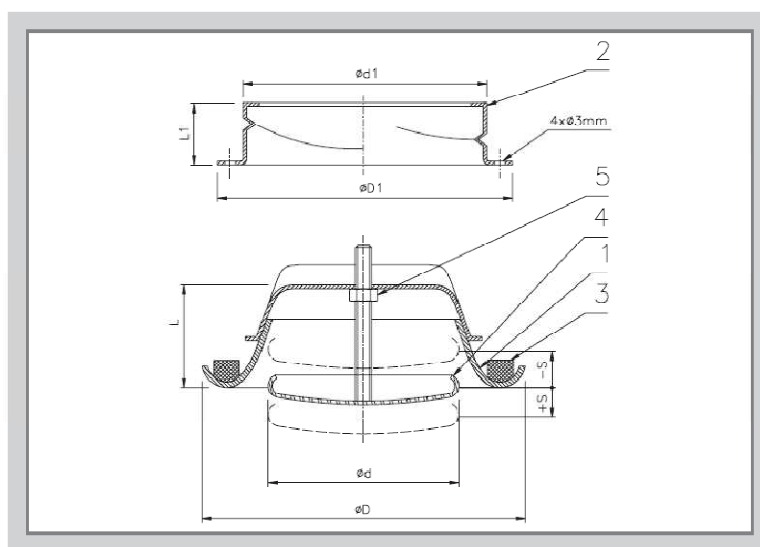


Obr. 7.16 Diagram akustického tlaku a tlakové ztráty anemostatu ([www.trox.de/cz](http://www.trox.de/cz))

**Talířové ventily:** Pro malé odsávané průtoky vzduchu jsou navrženy talířové ventily (obr. 7.17). Jsou převážně navrženy v hygienickém zázemí. V práci jsou navrženy talířové ventily  $\varnothing 125$ ,  $\varnothing 160$  a  $\varnothing 200$  mm.



Obr. 7.17 Talířový ventil ([www.mandik.cz](http://www.mandik.cz))



#### Pozice

1. Těleso ventilu
2. Pouzdro ventilu
3. Těsnění
4. Talíř ventilu
5. Matice

Obr. 7.18 Základní popis talířového ventilu ([www.mandik.cz](http://www.mandik.cz))

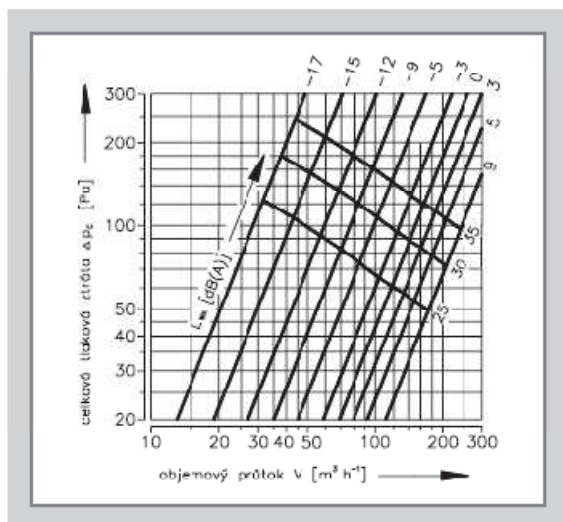


Při návrhu odsávacích talířových ventilů jsme vycházeli z rozměrové řady dle tab. 7.7. Pro výslednou tlakovou ztrátu a hladinu akustického tlaku ventilu jsme použili hodnoty z diagramů dle obr. 7.19.

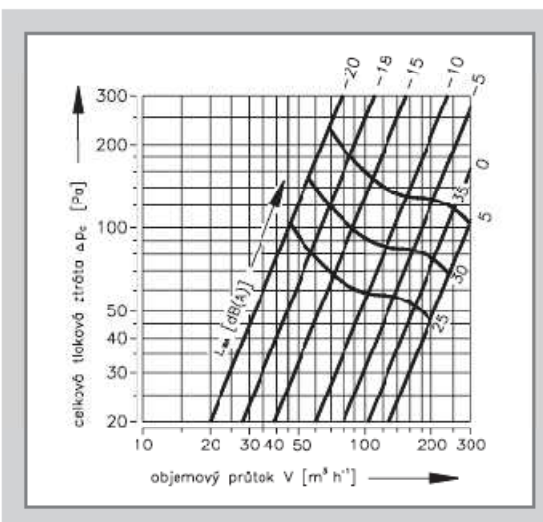
Tab. 7.7 Rozměrová řada odsávacích talířových ventilů ([www.mandik.cz](http://www.mandik.cz))

Velikost	80	100	125	150	160	200
$\dot{V}_{\max}$ [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	60	90	150	200	200	250

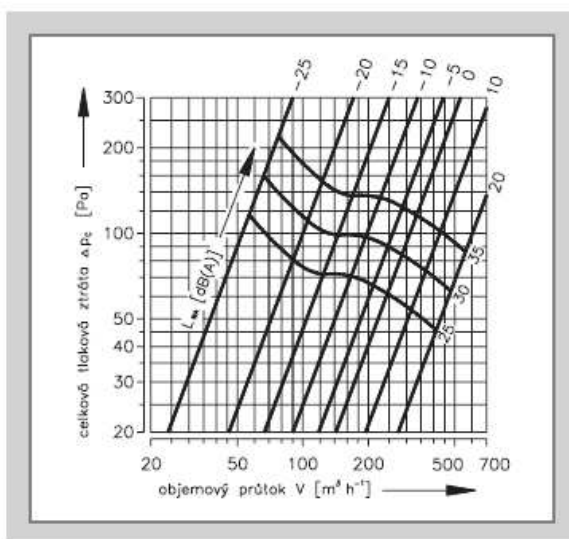
TVOM 125



TVOM 160



TVOM 200



Obr. 7.19 Návrhové diagramy talířových ventilů ([www.mandik.cz](http://www.mandik.cz))

## 7.5 Dimenzování rozvodů vzduchu

Potrubí je navrženo s ohledem na postupně se snižující rychlost směrem od jednotky k distribučním elementům. Pro zdravotnická zařízení je v přívodním potrubí doporučena rychlost max.  $5,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a v odvodním potrubí max.  $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Je to z důvodu zamezení nadměrného hluku v potrubí.

Pro sání z venkovního prostředí přes protidešťové žaluzie je doporučena rychlost  $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Tato rychlost nám zaručí, že nedojde k nasávání deště do přívodu vzduchu. Pro výfuk znečištěného vzduchu se uvádí rychlost do  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Ve výpočtu tlakových ztrát nejsou započteny tlakové ztráty přívodních elementů. Přívodní elementy jsou osazeny HEPA filtry, které mají velké tlakové ztráty a jsou blíže popsány v kap. 7.4.2. Pro výsledný návrh ventilátoru se bude vycházet ze součtu tlakových ztrát hlavní větve a tlakovou ztrátou čistého nástavce.

### Postup výpočtu:

1. Danou potrubní síť si rozdělíme na jednotlivé úseky, které si ve schématu (obr. 7.20 a obr. 7.21) označíme pořadovými čísly.
2. Počítáme zvlášť sací a výtlačnou větev.
3. Stanovíme si ve schématu hlavní větve (magistrálu). Tato větev má největší tlakovou ztrátu.

Úseky hlavní větve zařízení č. 1 –	přívod (61,62,72) odvod (68,69,70,71,74) sání (78) výfuk (81)
Úseky hlavní větve zařízení č. 2 –	přívod (58,59,73) odvod (64,65,66,67,75) sání (79) výfuk (80)
Úseky hlavní větve zařízení č. 3 –	přívod (1,2,3,4,5,6,7) odvod (27,28,29,30,31,32,33,34,35,36) sání (76) výfuk (77)

4. Provedeme výpočet potrubní sítě dle následujících vztahů:

Rychlost proudění vzduchu  $w$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]

$$w = \frac{\dot{V}}{S} \quad (7.1)$$

kde:

$\dot{V}$  objemový tok vzduchu daným úsekem [ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ],  
 $S$  průřez potrubí [ $\text{m}^2$ ].

Pokud je potrubí hranatého průřezu, potom se stanoví tzv. ekvivalentní průměr potrubí  $d_{ekv}$  [mm]

$$d_{ekv} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} \quad (7.2)$$

kde:

a, b šířka a výška vzduchovodu [mm].

Tlakový spád  $R$  [ $\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$ ]

$$R = 0,01218 \cdot w^{1,875} \cdot d_{ekv}^{-1,235} \quad (7.3)$$

Tlaková ztráta třením  $\Delta p_t$  [Pa]

$$\Delta p_t = R \cdot l \quad (7.4)$$

kde:

$l$  délka úseku vzduchovodu [m].

Tlaková ztráta místními odpory  $\Delta p_m$  [Pa]

$$\Delta p_m = \rho_v \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \sum \xi \quad (7.5)$$

kde:

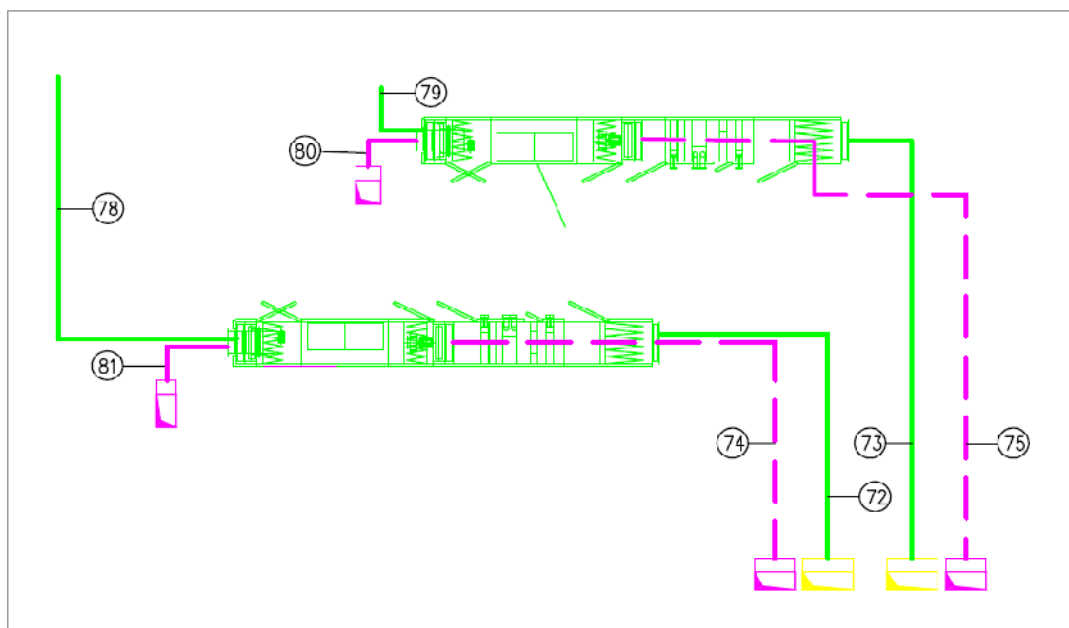
$\rho_v = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  hustota vzduchu,

$\xi$  součinitel místních odporů [-] (dle výrobců vzt potrubí).

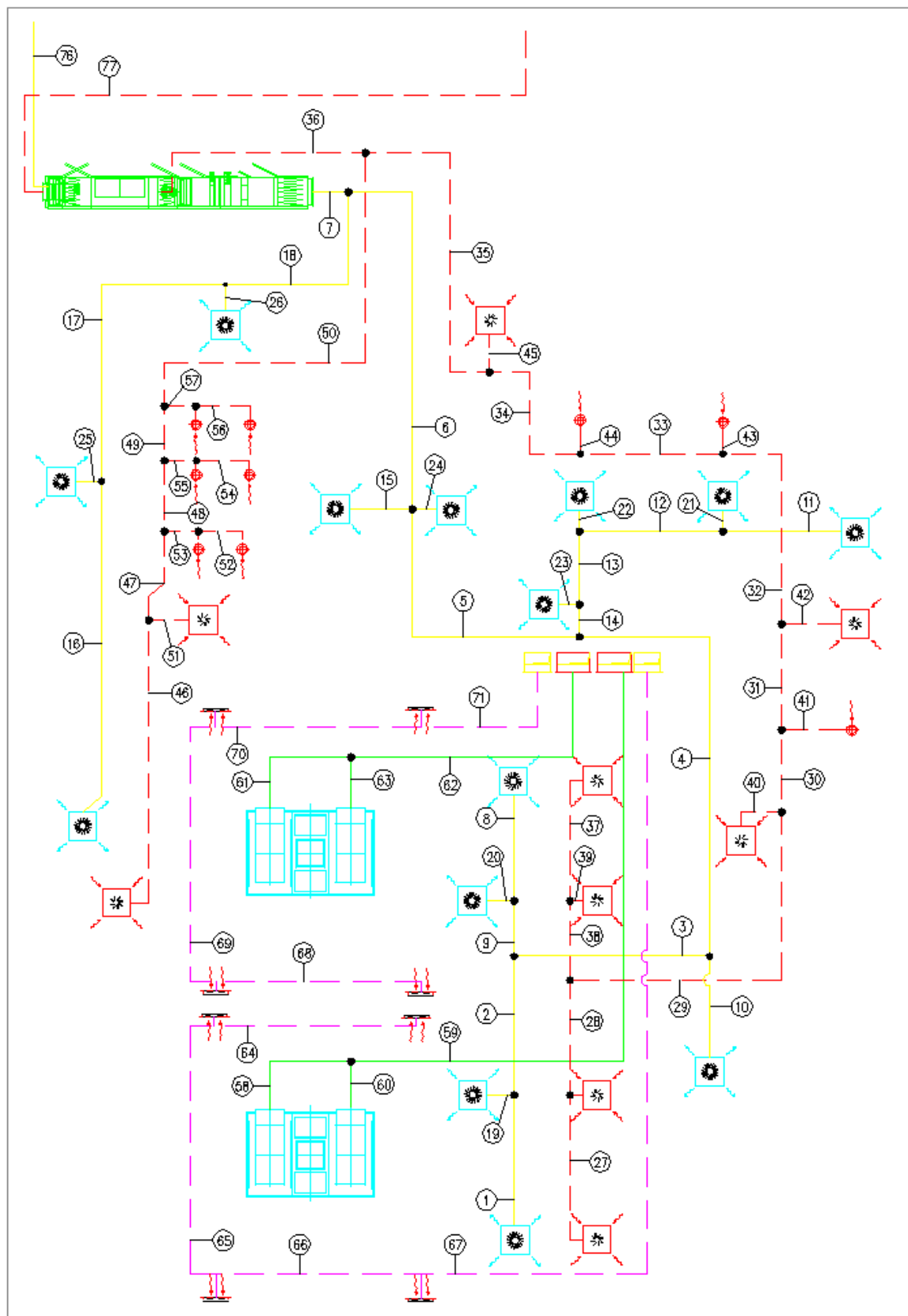
Celková tlaková ztráta  $\Delta p_z$  [Pa]

$$\Delta p_z = \Delta p_t + \Delta p_m \quad (7.6)$$

Návrh dimenzí a výpočet tlakových ztrát pro přiváděný a odváděný vzduch je uveden v příloze č. 5.



Obr. 7.20 Schéma trasy potrubí ve strojovně



Obr. 7.21 Schéma trasy potrubí

Tab. 7.8 Přehled tlakových ztrát v hlavních potrubích

Zař. č.	Druh potrubí	Celková tlaková ztráta $\Delta p_z$ [Pa]
1	Přívodní	820
	Odvodní	320
2	Přívodní	800
	Odvodní	300
3	Přívodní	900
	Odvodní	200

## 7.6 Zregulování sítí vzduchovodů

Je snahou co nejpřesněji nadimenzovat vzduchotechnické rozvody, aby už nebylo potřeba velkých zásahů do sítí vzduchotechnického potrubí. Mnohdy však tohoto není možné dosáhnout bez pomocných elementů, jako jsou regulační klapky a clony. Díky těmto elementům se docílí požadovaných toků vzduchu v jednotlivých úsecích potrubí.

Zaregulování jednotlivých úseků provádí profese MaR (měření a regulace) po montáži potrubí.

## 7.7 Návrh klimatizační jednotky

Vzduchotechnická jednotka byla poptána od firmy ROBATHERM. Podkladem pro návrh byly vypočtené hodnoty v kapitole 7.2, 7.3, 7.5 a požadované parametry ve větraných místnostech. Poptané jednotky mají menší výkony ohřívачů a chladičů než byl vlastní výpočet. Tento rozdíl je způsoben tím, že při výpočtu nebylo počítáno s konkrétními výměníky a jejich účinnostmi přenosu tepla či chladu.

Technická specifikace daných jednotek je uvedena v příloze č. 3 a 4. Podrobné schémata jednotek jsou uvedena ve výkresech č. 6, 7 a 8.

## 7. TECHNICKÁ ZPRÁVA

### OBSAH

- a) Hlavní účel budovy
- b) Výchozí podklady
- c) Použité předpisy a obecné technické normy
- d) Výpočtové hodnoty klimatických poměrů
- e) Mikroklimatické podmínky, zadávací parametry a dimenzování
- f) Popis VZT zařízení
- g) Protihluková opatření
- h) Protipožární opatření
- i) Požadavky na navazující profese
- j) Závěr

#### a) Hlavní účel budovy

Hlavním účelem a funkcí navrženého zařízení je řešení vnitřního mikroklimatu v areálu nemocnice Roudnice nad Labem. Jedná se o výstavbu prostor v 1.NP. Předmětem řešení projektu VZT je zajištění větrání dvou operačních sálů (OS), zázemí operačních sálů (ZOS) a větrání technického zázemí (strojovna VZT).

#### b) Výchozí podklady

Výchozími podklady pro zpracování dokumentace byly:

- stavební výkresy
- hygienické předpisy
- podnikové normy firem BLOCK a.s., AZklima s.r.o.
- státní normy a předpisy oboru vzduchotechnika
- požadavky od ostatních profesí (PO – dělení požárních úseků, technologie)

Součástí projektu nejsou navazující profese. Požadavky profese vzduchotechnika jsou zapracovány do samostatných projektů jednotlivých profesí.

#### c) Použité předpisy a obecné technické normy

- Nařízení vlády č.523/2002 Sb. Ze dne 14.října 2002, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci
- Nařízení vlády č.502/2000 Sb. Ze dne 27.listopadu, o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Nařízení vlády č.88/2004 Sb. Ze dne 21.ledna 2004, kterým se mění nařízení vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- ČSN 12 0000 – Vzduchotechnická zařízení
- ČSN 13 3454 – Výkresy vzduchotechnických zařízení
- Vzduchotechnická zařízení – sborník technických řešení nemocnice s poliklinikou I. A II. Typu (Zdravoprojekt Praha)

#### d) Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Místo:	Roudnice nad Labem
Nadmořská výška:	192 m.n.m
Normální tlak vzduchu:	0,0975 MPa

Letní výpočtová teplota:	+30°C (pro dimenzování VZT pro OS uvažováno 32°C)
Letní výpočtová entalpie:	59 kJ/kg s.v.
Zimní výpočtová teplota:	-12°C (pro dimenzování VZT pro OS uvažováno -15°C)
Zimní výpočtová entalpie:	-8,9 kJ/kg s.v.

#### e) Mikroklimatické podmínky, zadávací parametry a dimenzování

Množství přiváděného čerstvého vzduchu pro operační sály je na základě velikosti laminárního stropu. Průtok vzduchu bude nadimenzován na výtokovou rychlost 0,2-0,3m/s (tj. rychlost zajišťující laminární proudění). Byly stanoveny tyto velikosti laminárních stropů:

OS 1 a 2      aseptické operační sály      1800x2700mm, což odpovídá 3200m<sup>3</sup>/h

Zázemí operačních sálů budou dimenzovány dle předem stanovené difference tlaku a to z prostoru o vyšší třídě čistoty ke straně špinavé. Šatny pro personál jsou dimenzovány dávkou čerstvého vzduchu 20 m<sup>3</sup>/h na šatní místo.

Hygienická zázemí objektu budou větrány podtlakově, množství vzduchu je dle dávky na zařizovací předmět:

WC	80 m <sup>3</sup> /h
Pisoár	30 m <sup>3</sup> /h
Umyvadlo	30 m <sup>3</sup> /h
Výlevka	50 m <sup>3</sup> /h
Sprcha	150 m <sup>3</sup> /h

Odvod vzduchu z operačních sálů je realizován přes odvodní mřížky zajišťující odvod vzduchu 1/3 pod stropem a 2/3 u podlahy.

Pro výpočet tepelných zisků není uvažováno se zisky z vnějšího prostředí, jelikož větrané prostory se nalézají uvnitř budovy. Pro výpočet tepelných zisků od vnitřních zdrojů bylo uvažováno s následujícími hodnotami:

Lidé	72 W/osobu
Výpočetní technika	200 W/pracovní stanici
Osvětlení	18 W/m <sup>2</sup> (cca 250 lx)

Požadované stavy vnitřního mikroklimatu:

Operační sály	$t_i = 24 \pm 2^\circ\text{C}$ , relativní vlhkost $50 \pm 10\%$ $t_i$ v operačních sálech lze udržovat na pro některé druhy operací na 20°C – rezervy na chladičích i regulačních uzlech
Příprava a probuzení pacientů	$t_i = 24 \pm 2^\circ\text{C}$ , relativní vlhkost min. 40%
Umyvárny	$t_i = 24 \pm 2^\circ\text{C}$ , relativní vlhkost min. 40%
Ostatní prostory ZOS	$t_i$ = zajišťuje profese UT
Technické prostory	$t_i$ = max 35°C

Parametry vlhkosti vzduchu u ostatních prostorů nejsou projektem sledovány, v zimě mohou dosáhnou 10-15% r.v., v létě až 95% r.v.

Parametry čistoty prostředí (třídy čistoty prostor dle US FS 209E):

Aseptické operační sály      10.000

Koncovým stupněm filtrace u operačních sálů a zázemí operačních sálů budou HEPA filtry třídy H12 - H14 (dle ČSN EN 1822).

Hlukové parametry:

Operační sály      40 dB(A)

Zázemí operačních sálů	45 dB(A)
Hygienické zázemí	60 dB(A)
Technické prostory	65 dB(A)

Provozní stavy zařízení:

Zař.č.1 a 2	Operační sály – provoz	VZT 1 a 2 plný chod
	Operační sály – mimo provoz	VZT 1 a 2 tlumený chod
Zař.č.3 ZOS	– operační sály v provozu	VZT 3 plný chod
	ZOS – operační sály mimo provoz	VZT 3 tlumený chod

V tlumeném režimu zař.č. 1-3 bude z důvodů úspory nákladů systému MaR blokového vlhčení a chlazení.

Vzhledem k tomu, že se jedná o zdravotnické zařízení se zvýšenými nároky na čistotu vzduchu, jsou zařízení navrhována s vícestupňovou filtrací vzduchu. První dva stupně filtrace jsou osazeny přímo ve vzduchotechnických jednotkách. První stupeň filtrace odpovídá třídě B (dle ON 12 5005, dle EUROVENT EU 4, resp. G4), druhý třídě C (dle EUROVENT EU 9, resp. F9), třetí stupeň tvoří filtry osazené v koncových elementech přívodu vzduchu s třídou filtrace V (EUROVENT EU 12 – 14, resp. H12-H14, dle DIN 24 184 S-HEPA). Jejich kvalita odpovídá požadavkům na čistotu vzduchu v příslušném větraném prostoru. Stupeň odlučivosti je vyšší než 99,997%. U operačních sálů jsou koncovými elementy laminární stropní elementy čisté nástavce. Odvod vzduchu je řešen v místech největšího vzniku škodlivin (tj. tepla, prachu, bakterií apod.). U operačních sálů, kde vzhledem k hygienickým požadavkům není vhodné osadit otopná tělesa, jsou tepelné ztráty kryty vzduchotechnickým zařízením. V ostatních prostorách jsou kryty tepelné ztráty profesí ÚT pomocí otopných těles vhodných pro prostory dané čistoty a umožňující snadnou čistitelnost.

Pro zajištění požadované třídy čistoty klimatizovaných prostorů je nutno v nich udržovat stále požadované tlakové poměry. Je proto nutný nepřerušovaný chod vzduchotechnických zařízení. K úspoře tepla a elektrické energie jsou přívodní ventilátory zařízení se třemi stupni filtrace osazeny frekvenčními měniči a odtahové ventilátory pro větrání čistých prostor opatřeny dvouotáčkovými motory ventilátorů. V době, kdy nejsou prováděny operace lze zařízení provozovat na snížené, poloviční otáčky. Při snížení výkonu ventilátorů nejsou garantovány parametry vnitřního mikroklimatu v operačních sálech. Proto je třeba, aby přechod na maximální výkon zařízení byl prováděn minimálně 1,5 – 2 hodiny před začátkem operací. Přechod na snížený provoz bude alespoň 30 minut poskočení operace. Tyto časy budou upřesněny dle požadavků provozu.

Pro větrání je používán pouze čerstvý venkovní vzduch. Z důvodů úspor provozních nákladů jsou zařízení vybavena deskovými křížovými rekuperátory pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu, které jsou součástí vzduchotechnických jednotek. Výpočtová účinnost těchto rekuperátorů je mezi 50-ti a 65-ti%. K minimalizaci tepelných ztrát budou hlavní rozvodná vzduchotechnická potrubí důkladně izolována.

Pro ohřev vzduchu se předpokládá otopné médium voda 80/60°C, pro chlazení se uvažuje s přímými výparníky řízenými frekvenčně. Pro vlhčení vzduchu jsou navrženy elektrické parní vyvíječe. S ohledem na bezpečný odvod kondenzátu z chladiče a zvlhčovače je řešen jako přetlakový.

Potrubní rozvody pro přívod vzduchu do a odvod vzduchu z větraných a klimatizovaných místností jsou zhotoveny ze čtyřhranného potrubí a kruhového potrubí z pozinkovaného plechu. Potrubí pro přívod vzduchu do čistých prostorů je zhotoveno ve třídě těsnosti III předepsané pro čisté prostory a operační sály. Třídy těsnosti odtahového potrubí je volena o jeden stupeň nižší, tj. třída II. To zaručuje podtlak v prostoru nad



podhledy, v němž jsou osazeny potrubní rozvody tak, aby nedocházelo k vyfukování nečistot z pohledu.

#### f) Popis VZT zařízení

Zařízení č.1 a 2 – Operační sály: Pro každý ze dvou operačních sálů je navržena samostatná kombinovaná VZT jednotka pro přívod a odvod vzduchu ve vnitřním provedení v uspořádání nad sebou, tyto jsou umístěny ve strojovně VZT 1.22 v úrovni 1.PP (strojovna je dvoupodlažní). Větrání prostorů operačních sálů je celkově přetlakové. Přívod, úpravu a odvod vzduchu zajistí VZT jednotka pracující se 100% čerstvého vzduchu. Vzduchotechnická jednotka bude vybavena systémem ZZT, je použit křížový deskový rekuperátor s oddělenými proudy vzduchu. Zařízení kryje tepelné ztráty operačních sálů. Zařízení je dimenzováno na pokrytí tepelné zátěže dle zadání od profese technologie.

Přívodní část klimatizační jednotky:

- tlumicí vložka – zamezuje přenosu chvění z VZT jednotky do potrubního systému,
- uzavírací klapka – slouží k uzavírání přívodu venkovního vzduchu v případě nebezpečí zamrznutí ohříváče a při odstavení jednotky z provozu, servopohon (dodávka MaR) je s havarijní funkcí pro automatické uzavření při výpadku zařízení,
- filtrační komora s 1° filtrací G4 – výměna při dvojnásobku tlakové ztráty čistého filtru,
- deskový rekuperační výměník s obtokovými klapkami,
- ventilátor – motor s frekvenčním měničem
- ohřívací díl – topná voda 80/60°C, pomocí automatické regulace bude udržována požadovaná teplota,
- chladič komora s eliminátorem kapek – jednookruhový přímý výparník,
- dohřev – topná voda 80/60°C, pomocí automatické regulace bude udržována max. vlhkost v prostoru,
- volná komora pro výměnu vložky 2°filtrací,
- filtrační komora s 2°filtrací F9 – výměna při dvojnásobku tlakové ztráty čistého filtru,
- tlumicí vložka – zamezuje přenosu chvění z VZT jednotky do potrubního systému.

Odvodní část klimatizační jednotky:

- tlumicí vložka – zamezuje přenosu chvění z VZT jednotky do potrubního systému,
- uzavírací klapka,
- filtrační komora s filtrem G4 – slouží jako ochrana rekuperátoru, výměna při dvojnásobné tlakové ztráty čistého filtru,
- deskový rekuperační výměník s obtokovými klapkami,
- ventilátor – dvouotáčkový motor s termistorem,
- tlumicí vložka – zamezuje přenosu chvění z VZT jednotky do potrubního systému.

VZT jednotka bude osazena na rámu, který je dodávkou stavby.

Za VZT jednotkou bude instalováno vlhčení – parní vlhčení pomocí distribuční trubice, přívod páry z el. vyvíječe je součástí profese VZT a odvod kondenzátu je součástí ZTI. Dno potrubí v místě osazení parní distribuční trubice bude vyspárováno, bude osazen nátrubek, od kterého profese ZTI zajistí odvod kondenzátu. Sání vzduchu je řešeno přes centrální nasávací kanál zakončený protidešťovou žaluzií. Výfuk vzduchu je řešen přes výfukovou hlavici osazenou nad střechou strojovny VZT ve 4.NP. Do vzduchovodů přívodu

jsou vloženy tlumiče hluku v hygienickém provedení a na odvod jsou osazeny tlumiče standardního provedení.

Zdrojem chladu pro zař. č. 1 a 2 jsou samostatné venkovní kondenzační jednotky o jmenovitém chladícím výkonu 20kW.

Ovládání jednotky zajišťuje profese MaR plně automatickým systémem.

Zařízení č.3 – Zázemí operačních sálů: Pro zázemí operačních sálů je navržena samostatná kombinovaná VZT jednotka pro přívod a odvod vzduchu ve vnitřním provedení v uspořádání nad sebou, tyto jsou umístěny ve strojovně VZT 1.22 v úrovni 1.NP. Větrání zázemí operačních sálů je podtlakové s ohledem na volenou kaskádu tlaků ve vztahu k operačním sálům. V součtu jsou zař.č. 1, 2, a 3 celkově navržena do mírného přetlaku. Přívod, úpravu a odvod vzduchu zajistí jednotka se 100% čerstvého vzduchu.

Přívodní část klimatizační jednotky:

- tlumicí vložka – zamezuje přenosu chvění z VZT jednotky do potrubního systému,
- uzavírací klapka – slouží k uzavírání přívodu venkovního vzduchu v případě nebezpečí zamrznutí ohřívače a při odstavení jednotky z provozu, servopohon (dodávka MaR) je s havarijní funkcí pro automatické uzavření při výpadku zařízení,
- filtrační komora s 1° filtrací G4 – výměna při dvojnásobku tlakové ztráty čistého filtru,
- deskový rekuperační výměník s obtokovými klapkami,
- ventilátor – motor s frekvenčním měničem
- ohřívací díl – topná voda 80/60°C, pomocí automatické regulace bude udržována požadována teplota,
- chladicí komora s eliminátorem kapek – jednookruhový přímý výparník,
- volná komora pro výměnu vložky 2°filtrací,
- filtrační komora s 2°filtrací F9 – výměna při dvojnásobku tlakové ztráty čistého filtru,
- tlumicí vložka – zamezuje přenosu chvění z VZT jednotky do potrubního systému.

Odvodní část klimatizační jednotky:

- tlumicí vložka – zamezuje přenosu chvění z VZT jednotky do potrubního systému,
- uzavírací klapka,
- filtrační komora s filtrem G4 – slouží jako ochrana rekuperátoru, výměna při dvojnásobné tlakové ztráty čistého filtru,
- deskový rekuperační výměník s obtokovými klapkami,
- ventilátor – dvouotáčkový motor s termistorem,
- tlumicí vložka – zamezuje přenosu chvění z VZT jednotky do potrubního systému.

VZT jednotka bude osazena na rámu, který je dodávkou stavby.

Za VZT jednotkou bude instalováno vlhčení – parní vlhčení pomocí distribuční trubice, přívod páry z el. vyvíječe je součástí profese VZT a odvod kondenzátu je součástí ZTI. Dno potrubí v místě osazení parní distribuční trubice bude vyspárováno, bude osazen nátrubek, od kterého profese ZTI zajistí odvod kondenzátu. Sání vzduchu je řešeno přes centrální nasávací kanál zakončený protidešťovou žaluzií. Výfuk vzduchu je řešen přes výfukový element vyvedený nad střechu spojovacího krčku nad 1.NP. Do vzduchovodů přívodu jsou vloženy tlumiče hluku v hygienickém provedení a na odvod jsou osazeny tlumiče standardního provedení.

Zdrojem chladu pro zař. č. 3 je samostatná venkovní kondenzační jednotka o jmenovitém chladícím výkonu 14kW.

Ovládání jednotky zajišťuje profese MaR plně automatickým systémem.

#### g) Protihluková opatření

Budou provedena taková opatření, která zabrání šíření hluku do venkovního prostoru i do větraných místností.

- Potrubní rozvody budou od klimatizačního soustrojí odděleny pryžovými vložkami.
- Vzduchotechnické jednotky i potrubí na závěsech podložené gumou.
- Vřazení kulisových tlumičů hluku do potrubních rozvodů k zamezení šíření hluku od ventilátoru do místností i do venkovního prostoru.
- Rychlosti proudění vzduchu jsou zvoleny tak, aby nezpůsobovaly nadměrný hluk.
- Pro zabránění přenosu hluku do stěn bude potrubí v prostupu vždy obaleno minerální vatou.
- Mezi nosnými rámy a vzduchotechnickými jednotkami je osazena rýhovaná guma.

#### h) Protipožární opatření

Vzduchotechnické zařízení je provedeno v souladu s normou ČSN 73 0872. Rozdělení objektu na jednotlivé požární úseky je řešeno samostatným projektem požární ochrany. V objektu jsou navrženy v místech prostupů potrubí VZT požárně dělící konstrukcí požární klapky. Požární odolnost klapky je 90 minut. V místech kde není možno osadit protipožární klapku přesně do požárního předělu bude VZT potrubí obaleno protipožární izolací.

#### i) Požadavky na navazující profese

Požadavky na tepelnou energii: Profese UT provede napojení ohřivačů VZT jednotek na topné médium a nucený oběh topné vody. Připojení bude provedeno na topnou vodu 80/60°C.

Požadavky na chlazení: Připojení chladiče vzduchu na chladicí systém.

Požadavky na elektrickou energii: Profese elektro zajistí silový přívod pro všechna zařízení vzduchotechniky, dodá a zapojí silové rozvaděče. Všechna el. zařízení vzduchotechniky musí mít ochranu před nebezpečným dotykovým napětím a ochranu před nebezpečnými účinky statické elektřiny.

Požadavky na ZTI: Napojení odvodu kondenzátu od rekuperátorů, chladičů a vlhčících komor bude provedeno přes zápachovou uzávěrku do nejbližšího odpadního potrubí.

Požadavky na stavbu: Rozměry otvorů pro průchod vzduchovodů stěnami jsou o 50mm symetricky na každou stranu větší než je rozměr vzduchovodu. Provedení střešních prostupů a jejich začištění a zajištění proti zatékání. Dozdění a dočištění otvorů po montáži vzduchotechnického potrubí. Zajistit přístup ke všem protipožárním a regulačním klapkám.

Měření a regulace: Zajistí automatické udržování požadovaných parametrů vzduchu dle požadavků projektu vzduchotechniky.

#### j) Závěr

Dokumentace obsahuje všechny náležitosti předepsané vyhláškou o dokumentaci staveb. Autor je připraven poskytnout veškerá potřebná vysvětlení.

## 8. ZÁVĚR

Větrání čistých prostor je specifickým odvětvím v oblasti vzduchotechniky. Cílem při řešení dané problematiky je dosažení požadovaných parametrů čistých prostor tak, aby odpovídaly vykonávané práci. Provádí se různá opatření k zamezení kontaminace pracovní oblasti. Jednou z nejdůležitějších funkcí vzduchotechnického zařízení pro čisté prostory je filtrace přiváděného vzduchu, která nám zbavuje vzduch různých nečistot (prach a mikrourganismy).

Při zpracování praktické části jsem se potýkal s nedostatečnou legislativou pro navrhování čistých prostor v České republice. Kdy stávající standardy, směrnice či metodické pokyny nebyly již aktuální, a proto jsem se musel obracet na zahraniční zdroje.

V diplomové práci byl proveden návrh větrání a klimatizace nemocničních prostor v nemocnici v Roudnici nad Labem. Konkrétně se jedná o dva operační sály a jejich zázemí. Při návrhu zařízení byl kladen důraz na kvalitu a čistotu vzduchu přiváděného do daného prostoru. Z tohoto důvodu byla zvolena třístupňová filtrace vzduchu a jako třetí stupeň byl zařazen vysoce účinný aerosolový filtr HEPA. Pro úpravu vzduchu byly navrženy tři vzduchotechnické jednotky od firmy ROBATHERM, pracující se 100 % čerstvého vzduchu. Množství přiváděného a odváděného vzduchu z daného prostoru bylo stanoveno s ohledem na hygienické předpisy a třídu čistoty vzduchu. Pro hlavní rozvody vzduchu je navrženo čtyřhranné potrubí. Navržené zařízení zajišťuje celoroční požadavek na větrání. Pro úsporu energie jsou navrženy dva chody zařízení a to plný chod přes den a tlumený chod v noci a o víkendech. Součástí práce je i výkresová dokumentace s rozmístěním distribučních elementů a vzduchotechnického potrubí.

Pro zajištění správné funkce celého vzduchotechnického systému je nutné, aby nejen při užívání, ale již při samotné realizaci byly dodržovány postupy, které zaručují funkčnost těchto prostor.

## 9. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN 06 0210: *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*. Praha : Český normalizační institut, 1994.
- [2] ČSN 73 0548: *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha : Úřad pro normalizaci a měření, 1986.
- [3] ČSN EN ISO 14644-1: *Čisté prostory a příslušné řízené prostředí. Klasifikace čistoty vzduchu*, Český normalizační institut, květen 2005.
- [4] ČSN EN ISO 7235: *Akustika – Laboratorní měřicí postupy pro tlumiče hluku v potrubí a vzduchotechnické koncové jednotky – Vložený útlum, vlastní hluk a celková tlaková ztráta*, Český normalizační institut, duben 2004.
- [5] Székelyová, M.- Ferstl, K.- Nový, R.: *Větrání a klimatizace*, JAGA GROUP, s.r.o., Bratislava, 2006
- [6] Křenek, O.: *Větrání čistých prostor*, FSI VUT Brno, 2007
- [7] URL: <http://www.block.cz> [cit. 2009-05-02]
- [8] URL: <http://www.robatherm.cz> [cit. 2009-05-10]
- [9] URL: <http://www.trox.de/cz> [cit. 2009-04-20]
- [10] URL: <http://www.mandik.cz> [cit. 2009-05-05]
- [11] URL: <http://www.gealvz.cz> [cit. 2009-05-13]

## 10. SEZNAM POUŽITÝCH OZNAČENÍ A SYMBOLŮ

označení	název veličiny	jednotka
a,b	rozměry potrubí	[m]
$C_n$	nejvyšší přípustná koncentrace polétavých částic	[-]
$C_{pvzd}$	měrná tepelná kapacita vzduchu	[kJ·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
D	uvažovaná velikost částic	[μm]
$d_{ekv}$	ekvivalentní průměr vzduchovodu	[m]
F	obtokový součinitel chladiče	[-]
$h_i$	entalpie vnitřního vzduchu	[kJ·kg <sup>-1</sup> <sub>s.v.</sub> ]
$h_e$	entalpie venkovního vzduchu	[kJ·kg <sup>-1</sup> <sub>s.v.</sub> ]
$h_p$	entalpie vzduchu přiváděného do místnosti	[kJ·kg <sup>-1</sup> <sub>s.v.</sub> ]
k	součinitel prostupu tepla	[W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
l	délka úseku vzduchovodu	[m]
$l_{23}$	měrné výparné teplo vody	[kJ·kg <sup>-1</sup> ]
$m_p$	hmotnostní průtok přiváděného vzduchu	[kg·s <sup>-1</sup> ]
N	číslo klasifikace ISO	[-]
N	příkon vyvíječe páry	[W]
$p_1$	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[-]
$p_2$	přirážka na urychlení zátoku	[-]
$p_3$	přirážka na světovou stranu	[-]
$\dot{Q}_c$	celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	[W]
$\dot{Q}_D$	výkon dohřívače	[W]
$\dot{Q}_{ch}$	výkon chladiče vzduchu	[W]
$\dot{Q}_{ic}$	tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	[W]
$\dot{Q}_v$	tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	[W]
$\dot{Q}_o$	výkon ohřívače	[W]
$\dot{Q}_z$	tepelné ztráty místnosti	[W]
R	tlakový spád	[Pa]
S	průřez potrubí	[m <sup>2</sup> ]
s	tloušťka stěny	[m]

$t_i$	teplota vzduchu v místnosti	[°C]
$t_e$	teplota venkovního vzduchu	[°C]
$t_p$	teplota přiváděného vzduchu do místnosti	[°C]
$\dot{V}_e$	objemový tok přiváděného vzduchu	[m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> ]
$w$	rychlost proudění vzduchu	[m·s <sup>-1</sup> ]
$x_e$	měrná vlhkost venkovního vzduchu	[g·kg <sup>-1</sup> <sub>s.v.</sub> ]
$x_p$	měrná vlhkost přiváděného vzduchu	[g·kg <sup>-1</sup> <sub>s.v.</sub> ]
$x_r$	měrná vlhkost rosného bodu chladiče	[g·kg <sup>-1</sup> <sub>s.v.</sub> ]
$\Delta p_m$	tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
$\Delta p_t$	tlaková ztráta třením	[Pa]
$\Delta p_z$	celková tlaková ztráta	[Pa]
$\delta$	směrnice změny stavu vzduchu	[-]
$\eta$	účinnost rekuperačního výměníku	[-]
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti	[W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]
$\xi$	součinitel místních odporů	[-]
$\rho$	hustota vzduchu	[kg·m <sup>-3</sup> ]
$\varphi$	relativní vlhkost vzduchu	[%]

## 11. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1	Tepelné ztráty
Příloha č. 2	Tabulka místností
Příloha č. 3	Tabulka zařízení
Příloha č. 4	Vzduchotechnické jednotky
Příloha č. 5	Dimenze potrubí
Příloha č. 6	Seznam tvarovek a potrubí
Příloha č. 7	Seznam objektů

## 12. SEZNAM VÝKRESŮ

Výkres č. 1	1. Nadzemní podlaží
Výkres č. 2	1. Podzemní podlaží
Výkres č. 3	Pohledy P101 – P109
Výkres č. 4	2.NP, 3.NP, 4.NP, 5.NP, střecha
Výkres č. 5	1. Nadzemní podlaží + pozice
Výkres č. 6	Schéma zařízení č. 1
Výkres č. 7	Schéma zařízení č. 2
Výkres č. 8	Schéma zařízení č. 3











**TECHNICKÁ SPECIFIKACE**

NABÍDKA	70189.1	provedení jednotky	vnitřní jednotka
objemový průtok přívodu	3200 m <sup>3</sup> /h	venkovní plášť	práškově lakovaný, ca. RAL7035
externí tlaková ztráta	1000 Pa		
rychlost vzduchu	2,3 m/s		
typ zařízení	RMC 06/06		
objemový průtok odváděný	2560 m <sup>3</sup> /h	venkovní plášť	práškově lakovaný, ca. RAL7035
externí tlaková ztráta	500 Pa		
rychlost vzduchu	1,8 m/s		
typ zařízení	RMC 06/06		

**přívod**

<b>filtr</b>			
objemový průtok	3200 m <sup>3</sup> /h	návrhová tlaková ztráta	129 Pa
druh konstrukce	kapsový filtr		
trída	G 4	pocet	1 x 1/1 (592x592)
montážní rám 1	práškově lakovaný	filtrační plocha	2,20 m <sup>2</sup>
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L6	váha dílu	7 kg

**deskový výměník ZZT s integritem obtok a vzduchové klapky**

objemový průtok	3200 m <sup>3</sup> /h	tlaková ztráta	160 Pa
provedení	Alu		
typ	DVI 750/550 - 7,5	výkon vlhký	22,9 kW
venkovní vzduch / vlhkost	-22,00 °C / 90%	přívod / odvětrávaný vzduch	-0,40 °C / 1,30 °C
odváděný vzduch / vlhkost	22,00 °C / 40%	účinnost zpet.získání tepla	0,49
zařízení/délka dílu	RMC 12/06 - L12	váha dílu	57 kg
kondenzátní vana	1.4301		

**ventilátor**

objemový průtok	3200 m <sup>3</sup> /h	externí tlaková ztráta	1000 Pa
provedení	volné obehové kolo	tlaková ztráta total	1939 Pa
typ	RH 31C	Max. otáčky	4245 1/min
připojení jednotky	izolovaný proti přenosu chv	výkon na hřídeli	2,3 kW
provozní otáčky	3832 1/min	účinnost	74 %
výrobce	Ziehl-Abegg C nebo ekv.		
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L12	váha dílu	43 kg
<b>akustický výkon f Hz</b>		125 250 500 1 k 2 k 4 k 8 k	
Geräteansaug	82,0 dB(A)	65 74 78 76 74 69 63	dB(A)
Geräteausblas	84,0 dB(A)	69 77 80 77 72 67 61	dB(A)
vedle jednotky	64,0 dB(A)	55 59 59 56 56 48 41	dB(A)

příslušenství ventilátoru		
1 měřicí odběry tlaku s Anschluß k obsluhová strana 200-1400		1 kg

**motor**

výkon	3,00 kW	odber proudu	6,00 A
jmenovité otáčky	2870 1/min	frekvence	50 Hz
napětí	400/690 V	druh ochrany / Iso-trída	IP 55 / ISO F
výrobce	Elektra nebo ekv.	hmotnost	21 kg
účinný tlak u Nennvolumenstrom		1088 Pa	
jmenovité otáčky ventilátoru u frekvence motoru		n = 3832 1/min - f = 67 Hz	
max. otáčky při max. frekvenci		n = 4103 1/min - f = 71 Hz	
spotřebovaný elektr. výkon		PM = 2,0 kW	



príslušenství		
1	frekvencní menic VLT 6005, 3 kW, 7.2A, IP54 175 Z 7050	12 kg
1	motor - FM - kabelá stíněné vedení < 7.5 kW	
1	termistor	
1	Differenzdruck-Messumformer DS2 linear 0-1250 Pa typ: DS2-420-0	

**ohřívac vzduchu**

objemový průtok	3200 m³/h	tlaková ztráta	55 Pa
provedení	Cu/Al		
vstupní vzduch	-1,0 °C	tepelný výkon	26,7 kW
výstupní vzduch	24,0 °C	množství média	1,20 m³/h
druh média	voda	taková ztráta média	max. 20,00 kPa
vstup média / výstup	80,0 °C / 60,0 °C		
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L3	váha dílu	15 kg
rám protimrazové ochrany pozink, vyjímatelný			

**prímý výparník, (zweikreisig)**

objemový průtok	3200 m³/h	tlaková ztráta	243 Pa
provedení	Cu/Al		
vstupní vzduch / vlhkost	30,0 °C / 40%		
výstupní vzduch / vlhkost	15,0 °C / 86%		
chladičí médium	R410a	chladičí výkon	20,5 kW
výparná teplota	5,00 °C		
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L6	váha dílu	36 kg
odlucovac kapek - vyjímatelný			
rám / lamely	1.4301 / PPTV	tlaková ztráta	20 Pa
kondenzátní vana	1.4301		
Kühlmittel R 410a			

**ohřívac vzduchu**

objemový průtok	3200 m³/h	tlaková ztráta	22 Pa
provedení	Cu/Al		
vstupní vzduch	15,0 °C	tepelný výkon	9,6 kW
výstupní vzduch	24,0 °C	množství média	0,40 m³/h
druh média	voda	taková ztráta média	max. 20,00 kPa
vstup média / výstup	80,0 °C / 60,0 °C		
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L3	váha dílu	8 kg

**volná komora**

objemový průtok	3200 m³/h	tlaková ztráta	0 Pa
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L6		

**filtr**

objemový průtok	3200 m³/h	návrhová tlaková ztráta	211 Pa
druh konstrukce	kapsový filtr		
trída	F 9	pocet	1 x 1/1 (592x592)
montážní rám 1	práškově lakovaný	filtrací plocha	5,15 m²
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L6	váha dílu	7 kg

**odváděný vzduch****filtr**

objemový průtok	2560 m³/h	návrhová tlaková ztráta	120 Pa
druh konstrukce	kapsový filtr		
trída	G 4	pocet	1 x 1/1 (592x592)
montážní rám 1	práškově lakovaný	filtrací plocha	2,20 m²
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L6	váha dílu	7 kg

**deskový výměník ZZT**

objemový průtok	2560 m³/h	tlaková ztráta	119 Pa
zařízení/délka dílu	RMC 12/06 - L12		

**ventilátor**

objemový průtok	2560 m³/h	externí tlaková ztráta	500 Pa
provedení	dozadu zahnuté	tlaková ztráta total	797 Pa
typ	VZR 71-250	Max. otáčky	4900 1/min
poloha výfuku	LG 90	výkon na hřídeli	0,8 kW
provozní otáčky	2928 1/min	účinnost	70 %
výrobce	Gebhardt VZR nebo ekv.	vnitřní průřezné připojení	EVS-80
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L9	váha dílu	55 kg
<b>akustický výkon f Hz</b>			
Geräteansaug	72,0 dB(A)	125 250 500 1 k 2 k 4 k 8 k	
Geräteausblas	83,0 dB(A)	60 62 68 66 63 60 52 dB(A)	
vedle jednotky	57,0 dB(A)	71 72 80 76 73 68 56 dB(A)	
		55 48 49 44 43 37 28 dB(A)	

**motor s remenovým převodem**

výkon	1.00/0.22 kW	odber proudu	2,30/1,15 A
jmenovité otáčky	1370/700 1/min	frekvence	50 Hz
napětí	400 V	druh ochrany / Iso-trída	IP 55 / ISO F
výrobce	Elektra nebo ekv.	hmotnost	18 kg
spotřebovaný elektr. výkon		PM = 1,0 kW	

**příslušenství**

1	vnější průřezné připojení EVS-80	2 kg
1	termistor	

**oplaštění**

prívod	panel	podlaha	rám	izolace	hmotnost
	uvnitř	uvnitř			
1 RMC 6/6 - L06	pozink	pozink	pozink	40	50 kg
1 RMC 12/6 - L12 - U100	pozink	pozink	pozink	40	156 kg
1 RMC 6/6 - L12 - U100	pozink	pozink	pozink	40	108 kg
1 RMC 6/6 - L12 - U100	pozink	pozink	pozink	40	116 kg
1 RMC 6/6 - L12 - U100	pozink	pozink	pozink	40	108 kg
1 bocní panel					10 kg
odváděný vzduch					
	panel	podlaha	rám	izolace	
	uvnitř	uvnitř			
1 RMC 6/6 - L06	pozink	pozink	pozink	40	50 kg
1 RMC 6/6 - L09 - U100	pozink	pozink	pozink	40	82 kg
1 bocní panel					10 kg

**díly k opláštění**

6	revizní dvěře
---	---------------

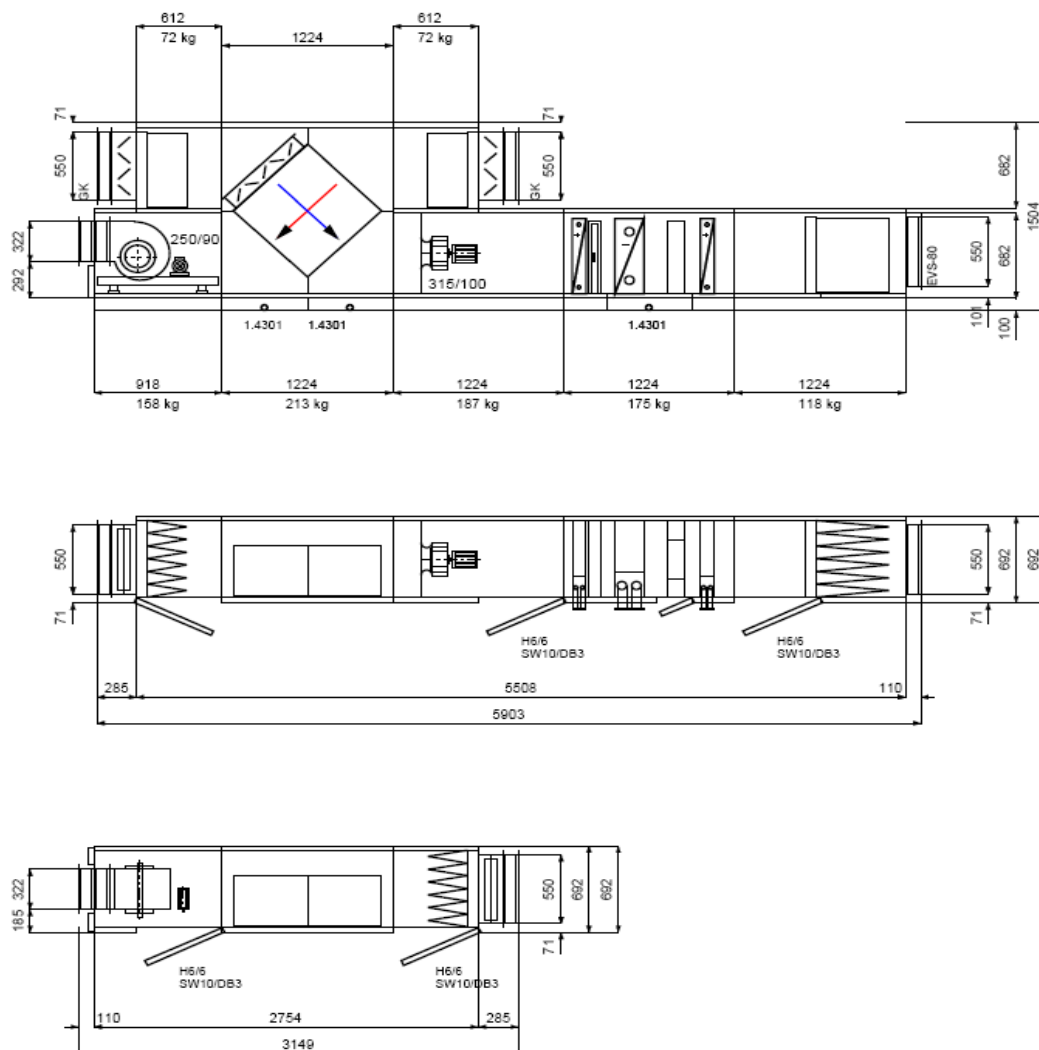


2	vzduchová klapka, pozink, JL 257 ( třída 2 ) A550 mm x B550 mm (ca. 3 Nm bei dP 500Pa)	24 kg
1	pružné připojení, EVS-80 A550 x B550 mm	3 kg
1	pružné připojení, EVS-80 A550 x B550 mm	3 kg
1	pružné připojení, EVS-80 A550 x B550 mm	3 kg

legenda E = náhradní díl L = dodávka volný D = přímé dodání O = Optional Bs = dodaný stavbou Bg = dodání  
všechny tlumicí vložky s vodivé propojení!

**celková hmotnost ca. 1016 kg**





**TECHNICKÁ SPECIFIKACE**

NABÍDKA	70189.3	provedení jednotky	<b>vnitřní jednotka</b>
objemový průtok přívod	<b>2480 m<sup>3</sup>/h</b>	venkovní plášť	<b>práškové lakovaný, ca. RAL7035</b>
externí tlaková ztráta	<b>900 Pa</b>		
rychlost vzduchu	<b>1,8 m/s</b>		
typ zařízení	<b>RMC 06/06</b>		
objemový průtok odváděný	<b>3560 m<sup>3</sup>/h</b>	venkovní plášť	<b>práškové lakovaný, ca. RAL7035</b>
externí tlaková ztráta	<b>500 Pa</b>		
rychlost vzduchu	<b>2,5 m/s</b>		
typ zařízení	<b>RMC 06/06</b>		

**přívod**

<b>filtr</b>			
objemový průtok	2480 m <sup>3</sup> /h	návrhová tlaková ztráta	119 Pa
druh konstrukce	kapsový filtr		
trída	G 4	pocet	1 x 1/1 (592x592)
montážní rám 1	práškové lakovaný	filtrační plocha	2,20 m <sup>2</sup>
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L6	váha dílu	7 kg

**deskový výměník ZZT s integritem obtok a vzduchové klapky**

objemový průtok	2480 m <sup>3</sup> /h	tlaková ztráta	103 Pa
provedení	Alu		
typ	DVI 750/550 - 7,5	výkon vlhký	17,6 kW
venkovní vzduch / vlhkost	-15,00 °C / 90%	přívod / odvětrávaný vzduch	6,40 °C / 7,60 °C
odváděný vzduch / vlhkost	22,00 °C / 40%	účinnost zpet.získání tepla	0,58
zařízení/délka dílu	RMC 12/06 - L12	váha dílu	57 kg
kondenzátní vana	1.4301		

**ventilátor**

objemový průtok	2480 m <sup>3</sup> /h	externí tlaková ztráta	900 Pa
provedení	volné oběhové kolo	tlaková ztráta total	1536 Pa
typ	RH 31C	Max. otáčky	4245 1/min
připojení jednotky	izolovaný proti přenosu chv	výkon na hřídeli	1,5 kW
provozní otáčky	3355 1/min	účinnost	71 %
výrobce	Ziehl-Abegg C nebo ekv.		
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L12	váha dílu	43 kg
<b>akustický výkon f Hz</b>		125 250 500 1 k 2 k 4 k 8 k	
Geräteansaug	79,0 dB(A)	62 71 75 73 71 66 60	dB(A)
Geräteausblas	83,0 dB(A)	66 75 79 77 73 68 62	dB(A)
vedle jednotky	62,0 dB(A)	52 56 57 53 53 45 38	dB(A)

**příslušenství ventilátoru**

1	merici odběry tlaku s Anschluß k obsluhářská strana 200-1400	1 kg
---	--	------

**motor**

výkon	2.20 kW	odber proudu	4,60 A
jmenovité otáčky	2840 1/min	frekvence	50 Hz
napětí	230/400 V	druh ochrany / Iso-trída	IP 55 / ISO F
výrobce	Elektra nebo ekv.	hmotnost	16 kg
účinný tlak u Nennvolumenstrom		654 Pa	
jmenovité otáčky ventilátoru u frekvence motoru		n = 3355 1/min - f = 59 Hz	
max. otáčky při max. frekvenci		n = 3736 1/min - f = 66 Hz	
spotřebovaný elektr. výkon		PM = 1,0 kW	



## prislúšenství

1	frekvencní menic VLT 6004, 2.2 kW, 5.6 A, IP54 175 Z 7049	12 kg
1	motor - FM - kabelá $\square$ stíněné vedení < 7.5 kW	
1	termistor	
1	Differenzdruck-Messumformer DS2 linear 0-1000 Pa typ: DS2-420-0	

**ohřívac vzduchu**

objemový průtok	2480 m <sup>3</sup> /h	tlaková ztráta	36 Pa
provedení	Cu/Al		
vstupní vzduch	6,0 °C	tepelný výkon	14,9 kW
výstupní vzduch	24,0 °C	množství média	0,70 m <sup>3</sup> /h
druh média	voda	tlaková ztráta média	max. 20,00 kPa
vstup média / výstup	80,0 °C / 60,0 °C		
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L3	váha dílu	15 kg
rám protimrazové ochrany	pozink, vyjímatelný		

**přímý výparník, (zweikreisig)**

objemový průtok	2480 m <sup>3</sup> /h	tlaková ztráta	86 Pa
provedení	Cu/Al		
vstupní vzduch / vlhkost	30,0 °C / 40%		
výstupní vzduch / vlhkost	18,0 °C / 77%		
chladicí médium	R410a	chladicí výkon	11,5 kW
výparná teplota	5,00 °C		
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L6	váha dílu	28 kg
odlucovac kapek - vyjímatelný			
rám / lamely	1.4301 / PPTV	tlaková ztráta	20 Pa
kondenzátní vana	1.4301		
Kühlmittel R410a			

**volná komora**

objemový průtok	2480 m <sup>3</sup> /h	tlaková ztráta	0 Pa
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L6		

**filtr**

objemový průtok	2480 m <sup>3</sup> /h	návrhová tlaková ztráta	193 Pa
druh konstrukce	kapsový filtr		
trída	F 9	pocet	1 x 1/1 (592x592)
montážní rám 1	práškové lakovany	filtrací plocha	5,15 m <sup>2</sup>
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L6	váha dílu	7 kg

**odváděný vzduch**



#### filtr

objemový průtok	3560 m³/h	návrhová tlaková ztráta	134 Pa
druh konstrukce	kapsový filtr		
trída	G 4	pocet	1 x 1/1 (592x592)
montážní rám	práškové lakovaný	filtrací plocha	2,20 m²
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L6	váha dílu	7 kg

#### deskový výměník ZZT

objemový průtok	3560 m³/h	tlaková ztráta	222 Pa
zařízení/délka dílu	RMC 12/06 - L12		

#### ventilátor

objemový průtok	3560 m³/h	externí tlaková ztráta	500 Pa
provedení	dozadu zahnuté	tlaková ztráta total	967 Pa
typ	VZR 71-250	Max. otáčky	4900 1/min
poloha výfuku	LG 90	výkon na hřídeli	1,3 kW
provozní otáčky	3427 1/min	účinnost	72 %
výrobce	Gebhardt VZR nebo ekv.	vnitřní průřezné připojení	EVS-80
zařízení/délka dílu	RMC 06/06 - L9	váha dílu	55 kg
<b>akustický výkon f Hz</b>		125 250 500 1 k 2 k 4 k 8 k	
Geräteansaug	77,0 dB(A)	64 66 73 71 68 66 56	dB(A)
Geräteausblas	88,0 dB(A)	74 75 85 81 78 74 59	dB(A)
vedle jednotky	61,0 dB(A)	58 51 55 49 48 43 32	dB(A)

#### motor s remenovým převodem

výkon	2.00/0.50 kW	odber proudu	4,60/1,10 A
jmenovité otáčky	2850/1420 1/min	frekvence	50 Hz
náapetí	400 V	druh ochrany / Iso-trída	IP 55 / ISO F
výrobce	Elektra nebo ekv.	hmotnost	17 kg
spotřebovaný elektr. výkon		PM = 1,0 kW	

#### príslušenství

1	vnější průřezné připojení EVS-80	2 kg
1	termistor	

#### opláštění

prívod	panel	podlaha	rám	izolace	hmotnost
	uvnitř	uvnitř			
1 RMC 6/6 - L06	pozink	pozink	pozink	40	50 kg
1 RMC 12/6 - L12 - U100	pozink	pozink	pozink	40	156 kg
1 RMC 6/6 - L18 - U100	pozink	pozink	pozink	40	158 kg
1 RMC 6/6 - L15 - U100	pozink	pozink	pozink	40	128 kg
1 boční panel					10 kg
odváděný vzduch	panel	podlaha	rám	izolace	
	uvnitř	uvnitř			
1 RMC 6/6 - L06	pozink	pozink	pozink	40	50 kg
1 RMC 6/6 - L09 - U100	pozink	pozink	pozink	40	82 kg
1 boční panel					10 kg

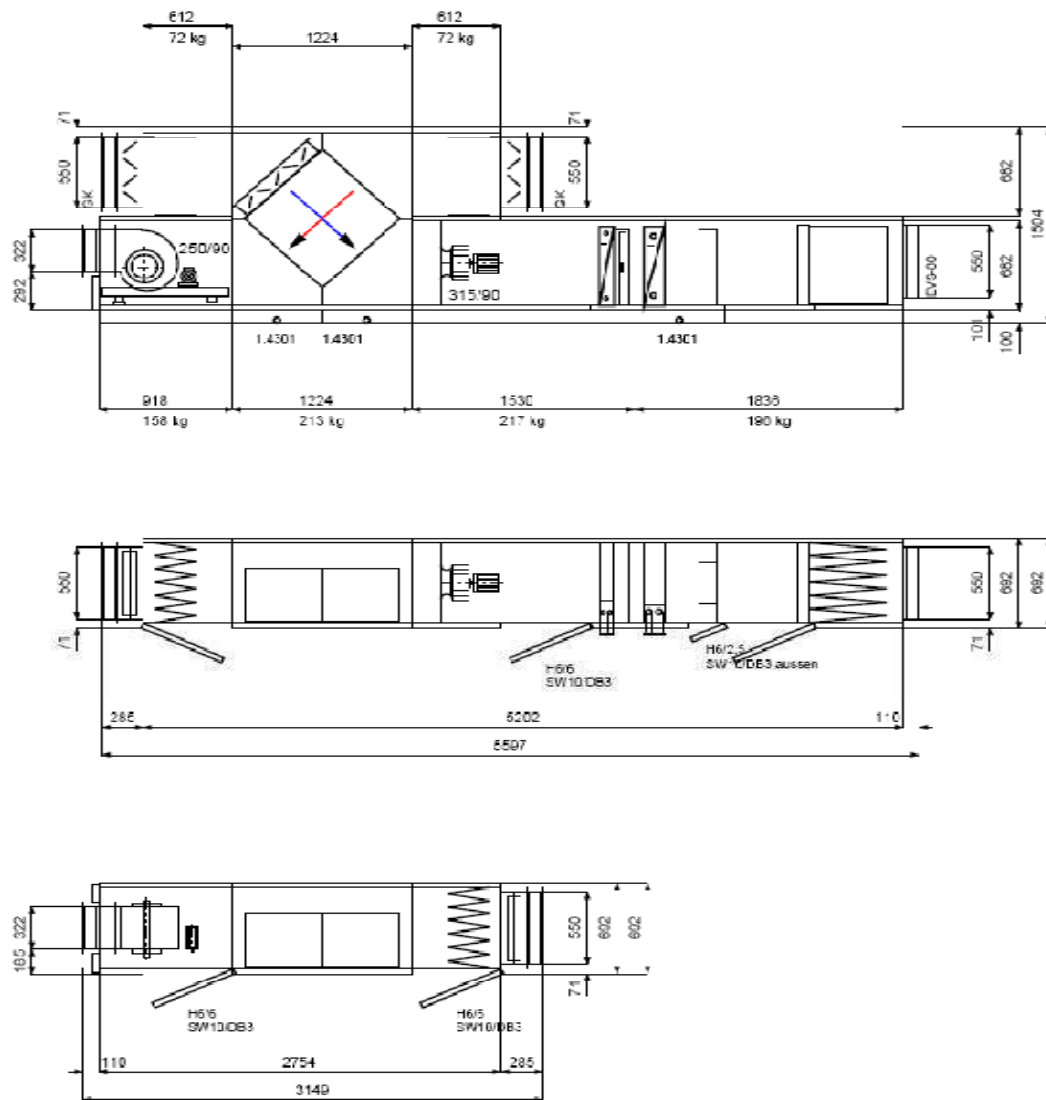
#### díly k opláštění

6	revizní dvěre				
2	vzduchová klapka, pozink, JL 257 ( trída 2 )	A550 mm x B550 mm (ca. 3 Nm bei dP 500Pa)			24 kg
1	průřezné připojení, EVS-80	A550 x B550 mm			3 kg
1	průřezné připojení, EVS-80	A550 x B550 mm			3 kg
1	průřezné připojení, EVS-80	A550 x B550 mm			3 kg



legenda E = náhradní díl L = dodávka volný D = primé dodání O = Optional Bs = dodaný stavbou Bg = dodání  
všechny tlumicí vložky s vodivé propojení!

**celková hmotnost ca. 948 kg**



DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ														
Číslo úseku	přírůstek	Objemový průtok	Délka potrubí	A	B	volná plocha	rychlost	Ekvivalentní průměr	Tlakový spád	Ztráta třením	Ztrátový souč.	Ztráta místní	Celková tlak.ztráta	Poznámka
i	-	V <sub>p</sub>	l <sub>i</sub>	Ød		S <sub>v</sub>	w	d <sub>IV</sub>	R	R.I	ξ	Z	R.I+Z	
[-]	[m3.h-1]	[m³.h <sup>-1</sup> ]	[m]	[mm]	[mm]	[m²]	[m.s <sup>-1</sup> ]	[mm]	[Pa.m <sup>-1</sup> ]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	
ZÁZEMÍ OPERAČNÍCH SÁLŮ zař. č. 3 - PŘÍVOD														
1	220	220	3	200		0,031	1,95	200	0,31	0,93	0,71	1,61	2,54	čistý nástavec 600 Pa
2	220	440	2,6	250		0,049	2,49	250	0,37	0,97	1,53	5,69	6,66	
3	440	880	3,5	355	280	0,099	2,46	356	0,24	0,83	2,75	9,98	10,80	el. dohříváč 8 Pa
4	150	1030	10,3	355	280	0,099	2,88	356	0,32	3,26	1,7	8,45	11,71	
5	600	1630	6,2	355	280	0,099	4,56	356	0,75	4,65	1,7	21,16	25,81	požární klapka 15 Pa tlumič hluku 50 Pa
6	370	2000	8,5	400	280	0,112	4,96	378	0,82	6,94	1,01	14,91	21,85	
7	520	2520	4,5	400	315	0,126	5,56	401	0,94	4,23	4,24	78,52	82,74	
8	220	220	3	200		0,031	1,95	200	0,31	0,93	0,71	1,61	2,54	čistý nástavec 600 Pa
9	220	440	1	250		0,049	2,49	250	0,37	0,37	1,53	5,69	6,06	
10	150	150	3	200		0,031	1,33	200	0,15	0,45	1,5	1,58	2,04	
11	150	150	3	160		0,020	2,07	160	0,46	1,38	1,5	3,87	5,24	čistý nástavec 600 Pa
12	150	300	3,5	200	200	0,040	2,08	226	0,30	1,06	2,5	6,51	7,57	požární klapka 15 Pa
13	150	450	0	250	200	0,050	2,50	252	0,37	0,00	0,05	0,19	0,19	
14	150	600	0,7	250	200	0,050	3,33	252	0,64	0,45	0,05	0,33	0,78	
15	220	220	1	200		0,031	1,95	200	0,31	0,31	1,5	3,41	3,72	čistý nástavec 600 Pa
16	150	150	7	160		0,020	2,07	160	0,46	3,21	0,21	0,54	3,75	čistý nástavec 600 Pa
17	220	370	4,5	200		0,031	3,27	200	0,82	3,69	0,41	2,63	6,32	požární klapka 15 Pa
18	150	520	4,5	200		0,031	4,60	200	1,55	6,99	0,91	11,54	18,53	
19	220	220	0,5	200		0,031	1,95	200	0,31	0,15	2,71	6,15	6,31	čistý nástavec 600 Pa
20	220	220	0,5	200		0,031	1,95	200	0,31	0,15	2,71	6,15	6,31	čistý nástavec 600 Pa
21	150	150	1	160		0,020	2,07	160	0,46	0,46	2,71	6,98	7,44	čistý nástavec 600 Pa
22	150	150	0,5	160		0,020	2,07	160	0,46	0,23	2,71	6,98	7,21	čistý nástavec 600 Pa
23	150	150	0,5	160		0,020	2,07	160	0,46	0,23	2,71	6,98	7,21	čistý nástavec 600 Pa
24	150	150	0,3	160		0,020	2,07	160	0,46	0,14	2,71	6,98	7,12	čistý nástavec 600 Pa
25	220	220	1	200		0,031	1,95	200	0,31	0,31	2,71	6,15	6,46	čistý nástavec 600 Pa
26	150	150	0,5	160		0,020	2,07	160	0,46	0,23	2,71	6,98	7,21	čistý nástavec 600 Pa
ZÁZEMÍ OPERAČNÍCH SÁLŮ zař. č. 3 - ODVOD														
27	400	400	3	250		0,049	2,26	250	0,31	0,94	0,37	1,14	2,07	požární klapka 15 Pa tlumič hluku 50 Pa
28	400	800	1,7	400	280	0,112	1,98	378	0,15	0,25	1,4	3,31	3,56	
29	800	1600	9	450	280	0,126	3,53	401	0,40	3,61	0,36	2,69	6,29	
30	300	1900	1	500	280	0,140	3,77	422	0,43	0,43	0,15	1,28	1,70	
31	100	2000	2,5	500	280	0,140	3,97	422	0,47	1,17	0,15	1,42	2,59	
32	200	2200	2,5	560	280	0,157	3,90	447	0,42	1,06	0,36	3,28	4,34	
33	150	2350	2,5	560	280	0,157	4,16	447	0,48	1,19	0,15	1,56	2,75	
34	200	2550	2	560	280	0,157	4,52	447	0,56	1,11	0,57	6,98	8,09	
35	200	2750	5	560	280	0,157	4,87	447	0,64	3,21	0,89	12,67	15,88	
36	810	3560	7	560	315	0,176	5,61	474	0,78	5,43	1,05	19,80	25,23	
37	400	400	2,5	250		0,049	2,26	250	0,31	0,78	0,37	1,14	1,92	
38	400	800	2,5	400	280	0,112	1,98	378	0,15	0,37	1,4	3,31	3,67	
39	400	400	0,3	250		0,049	2,26	250	0,31	0,09	0,16	0,49	0,59	
40	300	300	0,5	200		0,031	2,65	200	0,55	0,28	2,97	12,54	12,82	
41	100	100	1,5	125		0,012	2,26	125	0,73	1,10	-4,29	-13,19	-12,09	
42	200	200	1,5	200		0,031	1,77	200	0,26	0,39	-4,29	-8,05	-7,66	
43	150	150	1	200		0,031	1,33	200	0,15	0,15	-4	-4,22	-4,07	
44	150	150	1	200		0,031	1,33	200	0,15	0,15	-4	-4,22	-4,07	
45	200	200	0,3	200		0,031	1,77	200	0,26	0,08	-4,29	-8,05	-7,97	
46	150	150	6,5	200		0,031	1,33	200	0,15	0,98	0,42	0,44	1,42	požární klapka 15 Pa
47	200	350	1,5	250		0,049	1,98	250	0,24	0,36	0,32	0,75	1,12	
48	300	650	1,5	250		0,049	3,68	250	0,78	1,16	0	0,00	1,16	
49	60	710	0,5	250		0,049	4,02	250	0,92	0,46	0	0,00	0,46	
50	100	810	10	250		0,049	4,58	250	1,17	11,72	0,62	7,82	19,54	
51	200	200	0,3	200		0,031	1,77	200	0,26	0,08	1,71	3,21	3,29	
52	150	150	1	200		0,031	1,33	200	0,15	0,15	0,21	0,22	0,37	
53	150	300	0,5	200		0,031	2,65	200	0,55	0,28	0,5	2,11	2,39	
54	30	30	1	125		0,012	0,68	125	0,08	0,08	0,21	0,06	0,13	
55	30	60	0,5	125		0,012	1,36	125	0,28	0,14	0,5	0,55	0,69	
56	50	50	1,5	125		0,012	1,13	125	0,20	0,30	0,21	0,16	0,46	

DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ														
Číslo úseku	přírůstek	Objemový průtok	Délka potrubí	A	B	volná plocha	rychlost	Ekvivalentní průměr	Tlakový spád	Ztráta třením	Ztrátový souč.	Ztráta místní	Celková tlak.ztráta	Poznámka
i	-	$V_p$	$l$			$S_v$	w	$d_v$	R	R.l	$\xi$	Z	R.l+Z	
[ - ]	[ m3.h-1 ]	[ m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	[ m ]	[ mm ]	[ mm ]	[ m <sup>2</sup> ]	[ m.s <sup>-1</sup> ]	[ mm ]	Pa.m <sup>-1</sup>	[ Pa ]	[ - ]	[ Pa ]	[ Pa ]	[ - ]
57	50	100	0,5	125		0,012	2,26	125	0,73	0,37	0,5	1,54	1,90	
OPERAČNÍ SÁLY zař. č. 1 a 2 - PŘÍVOD														
58	1600	1600	1	560	315	0,176	2,52	474	0,17	0,17	4,68	17,83	18,00	laminární strop 155 Pa
59	1600	3200	15,5	560	315	0,176	5,04	474	0,64	9,85	1,25	19,04	28,89	
60	1600	1600	1	573	260	0,149	2,98	436	0,26	0,26	2,5	13,35	13,61	
61	1600	1600	1	560	315	0,176	2,52	474	0,17	0,17	4,68	17,83	18,00	laminární strop 155 Pa
62	1600	3200	9,5	560	315	0,176	5,04	474	0,64	6,04	1,25	19,04	25,08	
63	1600	1600	1	573	260	0,149	2,98	436	0,26	0,26	2,5	13,35	13,61	
72	3200	3200	9	710	250	0,178	5,01	475	0,63	5,63	1,07	16,10	21,73	požární klapka 15 Pa, tlumič hluku 50 Pa
73	3200	3200	11,5	710	250	0,178	5,01	475	0,63	7,19	1,07	16,10	23,30	požární klapka 15 Pa, tlumič hluku 50 Pa
OPERAČNÍ SÁLY zař. č. 1 a 2 - ODVOD														
64	640	640	7	315	140	0,044	4,03	237	0,98	6,89	0,48	4,68	11,57	
65	640	1280	5	315	280	0,088	4,03	335	0,64	3,21	0,42	4,10	7,30	
66	640	1920	4	450	280	0,126	4,23	401	0,56	2,26	0,06	0,64	2,90	
67	640	2560	20,5	500	280	0,140	5,08	422	0,74	15,25	1,35	20,90	36,15	
68	640	640	7	315	140	0,044	4,03	237	0,98	6,89	0,48	4,68	11,57	
69	640	1280	5	315	280	0,088	4,03	335	0,64	3,21	0,42	4,10	7,30	
70	640	1920	4	450	280	0,126	4,23	401	0,56	2,26	0,06	0,64	2,90	
71	640	2560	9	500	280	0,140	5,08	422	0,74	6,70	1,25	19,35	26,05	
74	2560	2560	11,5	560	250	0,140	5,08	422	0,74	8,56	1,15	17,80	26,36	požární klapka 15 Pa, tlumič hluku 50 Pa
75	2560	2560	13	560	250	0,140	5,08	422	0,74	9,67	1,15	17,80	27,47	požární klapka 15 Pa, tlumič hluku 50 Pa
SÁNÍ + VÝFUK zař. č. 1, 2, 3														
76	2520	2520	4	450	400	0,180	3,89	479	0,39	1,54	0,62	5,63	7,17	tlumič hluku 50 Pa
77	3560	3560	19	560	315	0,176	5,61	474	0,78	14,74	3,21	60,53	75,27	tlumič hluku 50 Pa
78	3200	3200	7,5	450	400	0,180	4,94	479	0,60	4,53	0,62	9,07	13,60	tlumič hluku 50 Pa
79	3200	3200	1	450	400	0,180	4,94	479	0,60	0,60	0,62	9,07	9,68	tlumič hluku 50 Pa
80	2560	2560	17	630	400	0,252	2,82	566	0,17	2,92	4,2	20,07	22,99	požární klapka 15 Pa, tlumič hluku 50 Pa
81	2560	2560	19	630	400	0,252	2,82	566	0,17	3,27	4,2	20,07	23,33	požární klapka 15 Pa, tlumič hluku 50 Pa



Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
	Flexo-přímá trouba	ø160	-	12	
	Flexo-přímá trouba	ø200	-	20	
	Flexo-přímá trouba	ø250	-	8	
1.501	Koncový kus	450x400/500	1,03		1
1.502	Přímá trouba	450x400/1500	2,55	1,5	
1.502	Přímá trouba	450x400/1500	2,55	1,5	
1.503	Oblouk	450x400/R150,90°	2,13		1
1.504	Přímá trouba	450x400/1500	2,55	1,5	
1.505	Koleno od	560x560/R100,90°	1,16		1
1.506	Přímá trouba	560x560/704	1,58	0,7	
1.507	Asymetrický přechod	560x560-630x450/500,0	1,16		1
1.508	Asymetrický přechod	630x450-560x315/500,-35.00	1,05		1
1.509	Přímá trouba	560x315/1000	1,75	1	
1.510	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
1.510	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
1.511	Asymetrický přechod	560x315-710x250/300,0	0,58		1
1.512	Koleno proti	710x250/R150,90°	0,59		1
1.513	Koleno od	710x250/R150,90°	0,59		1
1.514	Přímá trouba	710x250/609	1,17	0,61	
1.515	Koleno od	710x250/R100,90°	0,99		2
1.516	Stranový přechod	710x200-560x200/300	0,46		1
1.517	Přímá trouba	560x200/195	0,3	0,19	
1.518	Oblouk	560x315/R150,90°	5,6		2
1.519	Přímá trouba	560x315/570	1	0,57	
1.520	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
1.521	Odskok dolů	560x315/674,256	1,18		1
1.522	Přímá trouba	560x315/1032	1,81	1,03	
1.523	Odbočka 7 s přechodem	560x315-560x315-573x260/R150	1,53		1
1.524	Přímá trouba	560x315/846	1,48	0,85	
1.525	Symetrický přechod	560x315-573x260/300	0,5		1
1.526	Přímá trouba	573x260/179	0,3	0,18	
1.527	Přímá trouba	573x260/479	0,8	0,48	
1.528	Koleno od	560x200/R150,90°	0,47		1
1.529	Přímá trouba	560x250/609	0,99	0,61	
1.530	Koleno od	560x250/R100,90°	0,85		2
1.531	Oblouk s přechodem	500x250-560x250/R50,90°	1,51		1
1.532	Symetrický přechod	500x250-500x280/300	0,47		1
1.533	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
1.533	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
1.533	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
1.534	Přímá trouba	500x280/276	0,43	0,28	
1.535	Odbočka 8 s přechodem	500x280-450x280-450x100/R125	1,09		1
1.536	Koleno od	450x100/R150,90°	0,92		4
1.537	Přímá trouba	450x280/1500	2,19	1,5	
1.537	Přímá trouba	450x280/1500	2,19	1,5	
1.538	Přímá trouba	450x280/238	0,35	0,24	
1.539	Odbočka 8 s přechodem	450x280-450x280-450x100/R150	1,09		1
1.540	Oblouk s přechodem	315x280-450x280/R150,90°	0,8		1
1.541	Přímá trouba	315x280/1500	1,78	1,5	
1.541	Přímá trouba	315x280/1500	1,78	1,5	
1.542	Přímá trouba	315x280/1402	1,67	1,4	
1.543	Oblouk	315x280/R150,90°	1,23		1
1.544	Odbočka 8 s přechodem	315x280-315x140-450x100/R150	0,89		1
1.545	Přímá trouba	315x140/1500	1,36	1,5	

Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
1.546	Přímá trouba	315x140/1413	1,29	1,41	
1.547	Symetrický přechod	315x140-315x100/300	0,25		1
1.548	Oblouk s přechodem	450x100-315x100/R150,90°	1,14		1
1.549	Koleno proti	560x250/R150,90°	0,51		1
1.550	Symetrický přechod	560x250-500x280/300	0,47		1
1.551	Přímá trouba	500x280/1000	1,56	1	
1.552	Asymetrický přechod	630x400-500x280/500,0	0,97		1
1.553	Asymetrický přechod	630x400-500x315/500,0	0,97		1
1.554	Symetrický přechod	500x315-500x280/300	0,47		1
1.555	Přímá trouba	500x280/384	0,6	0,38	
1.556	Oblouk	630x400/R100,90°	6,2		2
1.557	Přímá trouba	630x400/1052	2,17	1,05	
1.558	Asymetrický přechod	630x400-250x500/500,-190.00	0,87		1
1.559	Koleno proti	250x500/R150,90°	0,85		1
1.561	Koncový kus	100x450/1375	1,56		1
1.562	Přímá trouba	100x450/1500	1,65	1,5	
1.564	Asymetrický přechod	322x322-400x630/800,39	1,09		1
1.565	Asymetrický přechod	550x550-400x450/300,-75.00	0,63		1
1.566	Přímá trouba	400x450/737	1,25	0,74	
1.567	Přímá trouba	400x450/1500	2,55	1,5	
1.568	Přímá trouba	500x250/1500	2,25	1,5	
1.568	Přímá trouba	500x250/1500	2,25	1,5	
1.569	Přímá trouba	500x250/467	0,7	0,47	
1.570	Koleno od	500x250/R150,90°	0,47		1
1.571	Oblouk	560x560/R100,90°	2,77		1
1.572	Symetrický přechod	550x550-560x560/500	1,12		1
1.573	Koleno od	280x500/R150,90°	0,87		1
1.574	Přímá trouba	280x500/1500	2,34	1,5	
1.574	Přímá trouba	280x500/1500	2,34	1,5	
1.575	Přímá trouba	280x500/720	1,12	0,72	
1.576	Asymetrický přechod	280x500-550x550/500,0	0,95		1
1.577	Přímá trouba	500x250/1455	2,18	1,46	
1.578	Asymetrický přechod	500x250-630x180/500,0	1,64		2
1.579	Oblouk	630x180/R150,90°	3,15		1
1.580	Přímá trouba	630x180/944	1,53	0,94	
1.581	Přímá trouba	500x250/1500	2,25	1,5	
1.582	Oblouk s přechodem	400x250-500x250/R150,90°	1,13		1
1.583	Přímá trouba	500x250/645	0,97	0,65	
1.584	Přímá trouba	400x250/140	0,18	0,14	
1.585	Koleno proti	400x250/R150,90°	0,42		1
1.586	Symetrický přechod na spiro	400x250-ø355/500	1,36		1
1.587	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
1.587	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
1.587	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
1.587	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
1.587	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
1.587	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
1.587	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
1.587	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
1.587	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
1.588	Přímá trouba	400x250/659	0,86	0,66	
1.589	Odskok oblouk+přímý kus+oblouk	2x400x250,R150/45°,430	2,45		1
1.590	Přímá trouba	400x250/420	0,55	0,42	
2.501	Asymetrický přechod	630x400-355x355/500,0	0,92		1
2.502	Přímá trouba	355x355/1250	1,77	1,25	

Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
2.503	Oblouk	355x355/R150,90°	1,51		1
2.504	Koncový kus	450x400/500	1,03		1
2.505	Oblouk	450x400/R150,90°	2,13		1
2.506	Asymetrický přechod	550x550-450x400/300,-50.00	0,63		1
2.507	Asymetrický přechod	550x550-500x280/300,-25.00	0,65		1
2.508	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
2.508	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
2.508	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
2.508	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
2.508	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
2.508	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
2.508	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
2.508	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
2.508	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
2.508	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
2.509	Přímá trouba	500x280/142	0,22	0,14	
2.510	Oblouk	500x280/R150,90°	6,97		3
2.510	Oblouk	500x280/R150,90°	2,32		1
2.511	Odskok nahoru	500x280/617,377	0,96		1
2.512	Přímá trouba	500x280/719	1,12	0,72	
2.513	Koleno od	500x280/R150,90°	1,06		2
2.513	Koleno od	500x280/R150,90°	2,12		4
2.514	Přímá trouba	500x280/495	0,77	0,49	
2.515	Asymetrický přechod	550x550-560x560/300,5	0,66		1
2.516	Koleno od	560x560/R100,90°	1,16		1
2.517	Přímá trouba	560x560/1500	3,36	1,5	
2.518	Přímá trouba	560x560/1195	2,68	1,19	
2.519	Symetrický přechod	500x315-500x280/300	0,47		1
2.520	Asymetrický přechod	560x560-630x450/500,0	1,16		1
2.521	Asymetrický přechod	630x400-500x315/500,0	0,97		1
2.522	Asymetrický přechod	630x400-500x280/500,0	0,97		1
2.523	Asymetrický přechod	630x450-560x315/500,0	1,05		1
2.524	Přímá trouba	500x280/1000	1,56	1	
2.525	Přímá trouba	560x315/1000	1,75	1	
2.526	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
2.526	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
2.526	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
2.526	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
2.526	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
2.526	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
2.526	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
2.527	Asymetrický přechod	560x315-710x250/300,0	0,58		1
2.528	Koleno proti	710x250/R150,90°	0,59		1
2.529	Symetrický přechod	560x250-500x280/300	0,47		1
2.530	Koleno proti	560x250/R150,90°	0,51		1
2.531	Koleno od	710x250/R150,90°	0,59		1
2.532	Přímá trouba	710x250/609	1,17	0,61	
2.533	Koleno od	560x200/R150,90°	0,47		1
2.534	Přímá trouba	560x250/609	0,99	0,61	
2.535	Koleno od	710x250/R100,90°	0,99		2
2.536	Koleno od	560x250/R100,90°	0,85		2
2.537	Symetrický přechod	710x250-560x315/300	0,52		1
2.538	Stranový přechod	560x250-500x250/300	0,45		1

Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
2.539	Přímá trouba	500x280/1142	1,78	1,14	
2.540	Přímá trouba	560x315/1142	2	1,14	
2.541	Koleno od	560x315/R150,90°	1,27		2
2.541	Koleno od	560x315/R150,90°	1,27		2
2.542	Přímá trouba	560x315/136	0,24	0,14	
2.543	Přímá trouba	500x280/262	0,41	0,26	
2.544	Oblouk	560x315/R150,90°	5,6		2
2.545	Přímá trouba	560x315/1107	1,94	1,11	
2.546	Odbočka 8 s přechodem	560x315-560x315-573x260/R150	1,53		1
2.547	Přímá trouba	573x260/678	1,13	0,68	
2.548	Přímá trouba	560x315/846	1,48	0,85	
2.549	Symetrický přechod	560x315-573x260/300	0,5		1
2.550	Přímá trouba	573x260/378	0,63	0,38	
2.551	Přímá trouba	500x280/920	1,44	0,92	
2.552	Přímá trouba	500x280/1035	1,61	1,04	
2.553	Odbočka 8 s přechodem	500x280-450x280-450x100/R125	1,09		1
2.554	Přímá trouba	500x280/276	0,43	0,28	
2.555	Přímá trouba	450x280/1500	2,19	1,5	
2.555	Přímá trouba	450x280/1500	2,19	1,5	
2.556	Přímá trouba	450x280/238	0,35	0,24	
2.557	Koleno od	450x100/R150,90°	0,92		4
2.558	Odbočka 8 s přechodem	450x280-450x280-450x100/R150	1,09		1
2.559	Oblouk s přechodem	315x280-450x280/R150,90°	0,8		1
2.560	Přímá trouba	315x280/1500	1,78	1,5	
2.560	Přímá trouba	315x280/1500	1,78	1,5	
2.561	Přímá trouba	315x280/1402	1,67	1,4	
2.562	Oblouk	315x280/R150,90°	1,23		1
2.563	Odbočka 8 s přechodem	315x280-315x140-450x100/R150	0,89		1
2.564	Přímá trouba	315x140/1500	1,36	1,5	
2.565	Přímá trouba	315x140/1413	1,29	1,41	
2.566	Symetrický přechod	315x140-315x100/300	0,25		1
2.567	Oblouk s přechodem	450x100-315x100/R150,90°	1,14		1
2.568	Koleno proti	355x355/R150,90°	0,59		1
2.569	Přímá trouba	355x355/1320	1,87	1,32	
2.570	Přímá trouba	355x355/1500	2,13	1,5	
2.571	Koleno od	355x355/R150,90°	0,59		1
2.572	Oblouk	400x450/R50,90°	2,68		2
2.573	Asymetrický přechod	322x322-400x630/800,39	1,09		1
2.574	Oblouk	560x560/R100,90°	2,77		1
2.575	Asymetrický přechod	355x355-500x280/500,0	0,79		1
2.576	Přímá trouba	500x280/1076	1,68	1,08	
2.577	Symetrický přechod	500x280-500x250/300	0,45		1
2.578	Oblouk s přechodem	500x250-400x250/R100,90°	1,54		1
2.579	Přímá trouba	400x250/372	0,48	0,37	
2.580	Oblouk	400x250/R100,90°	1,42		1
2.581	Koleno proti	400x250/R100,90°	0,35		1
2.582	Přímá trouba	280x500/290	0,45	0,29	
2.582	Přímá trouba	280x500/290	0,45	0,29	
2.583	Přímá trouba	250x560/1154	1,87	1,15	
2.584	Přímá trouba	250x560/1500	2,43	1,5	
2.585	Přímá trouba	280x500/126	0,2	0,13	
2.586	Symetrický přechod na spiro	400x250-ø355/500	1,36		1
2.587	Přímá trouba	400x250/142	0,18	0,14	
2.588	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	

Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
2.588	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
2.588	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
2.588	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
2.588	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
2.588	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
2.588	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
2.588	Přímá trouba	400x250/1500	1,95	1,5	
2.589	Koleno od	400x250/R150,90°	0,84		2
2.590	Koleno od	250x400/R150,90°	1,23		2
2.591	Přímá trouba	250x400/506	0,66	0,51	
2.592	Přímá trouba	400x250/1109	1,44	1,11	
3.502	Oblouk	560x315/R150,90°	2,8		1
3.502	Oblouk	560x315/R150,90°	19,6		7
3.503	Přímá trouba	560x315/483	0,85	0,48	
3.504	Koleno od	560x315/R150,90°	1,27		2
3.504	Koleno od	560x315/R150,90°	2,55		4
3.505	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
3.505	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
3.505	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
3.505	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
3.505	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
3.505	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
3.505	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
3.505	Přímá trouba	560x315/1500	2,62	1,5	
3.506	Přímá trouba	560x315/885	1,55	0,88	
3.507	Přímá trouba	560x315/749	1,31	0,75	
3.508	Přímá trouba	560x315/289	0,51	0,29	
3.509	Asymetrický přechod	630x450-560x315/300,0	1,26		2
3.510	Přímá trouba	560x315/196	0,34	0,2	
3.511	Přímá trouba	560x315/757	1,32	0,76	
3.512	Asymetrický přechod	550x550-560x315/300,5	0,66		1
3.513	Přímá trouba	560x315/388	0,68	0,39	
3.514	Oblouk	560x315/R50,90°	2,15		1
3.515	Asymetrický přechod	560x315-630x450/500,0	1,82		2
3.516	Odbočka 1 s přechodem a kruhovým nástavcem	560x315-560x315-ø250	0,87		1
3.517	Přímá trouba	560x315/754	1,32	0,75	
3.518	Odskok nahoru	560x315/656,335	1,15		1
3.519	Přímá trouba	560x315/1112	1,95	1,11	
3.520	Kruhové-odskok oblouk+přímý kus+oblouk 90°	2xø250,R250/754,90°	0,82		1
3.521	Kruhové-přímá trouba	ø250/924	0,73	0,92	
3.522	Kruhové-přímá trouba	ø250/200	0,16	0,2	
3.523	Kruhové-přímá trouba	ø200/294	0,18	0,29	
3.524	Kruhové-odskok nahoru	ø200/512,295	0,37		1
3.525	Odbočka 1 s přechodem a kruhovým nástavcem	400x315-400x315-ø200	0,57		1
3.526	Přímá trouba	400x315/741	1,06	0,74	
3.527	Oblouk	400x315/R150,90°	1,73		1
3.528	Odskok nahoru	400x315/700,335	1		1
3.529	Symetrický přechod	630x450-400x315/300	0,43		1
3.530	Symetrický přechod	450x315-630x450/300	0,65		1
3.531	Koleno od	450x400/R150,90°	0,65		1
3.532	Kruhové-přímá trouba	ø200/138	0,09	0,14	

Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
3.533	Kruhové-oblouk	ø200/R200,90°	0,99		5
3.533	Kruhové-oblouk	ø200/R200,90°	0,2		1
3.534	Kruhové-přímá trouba	ø200/1500	0,94	1,5	
3.534	Kruhové-přímá trouba	ø200/1500	0,94	1,5	
3.534	Kruhové-přímá trouba	ø200/1500	0,94	1,5	
3.534	Kruhové-přímá trouba	ø200/1500	0,94	1,5	
3.534	Kruhové-přímá trouba	ø200/1500	0,94	1,5	
3.534	Kruhové-přímá trouba	ø200/1500	0,94	1,5	
3.535	Kruhové-přímá trouba	ø200/1316	0,83	1,32	
3.536	Kruhové-jednostranná odbočka 90°	ø200-ø200-ø160/400	0,28		1
3.537	Kruhové-přímá trouba	ø200/755	0,47	0,75	
3.538	Kruhové-přímá trouba	ø200/579	0,36	0,58	
3.539	Kruhové-jednostranná odbočka 90°	ø200-ø200-ø200/400	0,28		1
3.539	Kruhové-jednostranná odbočka 90°	ø200-ø200-ø200/400	0,28		1
3.540	Kruhové-přímá trouba	ø200/395	0,25	0,39	
3.541	Kruhové-osový přechod	ø200-ø160/200	0,11		1
3.542	Kruhové-přímá trouba	ø160/1500	0,75	1,5	
3.542	Kruhové-přímá trouba	ø160/1500	0,75	1,5	
3.542	Kruhové-přímá trouba	ø160/1500	0,75	1,5	
3.542	Kruhové-přímá trouba	ø160/1500	0,75	1,5	
3.543	Kruhové-přímá trouba	ø160/1361	0,68	1,36	
3.544	Kruhové-koleno od	ø160/R160,90°	0,08		2
3.545	Flexo-přímá trouba	ø160/106	0,05	0,11	
3.546	Flexo-oblouk	ø160/R100,90°	0		2
3.547	Flexo-přímá trouba	ø160/120	0,06	0,12	
3.548	Kruhové-přímá trouba	ø200/460	0,29	0,46	
3.549	Kruhové-koleno od	ø200/R200,90°	0,13		2
3.550	Kruhové-přímá trouba	ø200/555	0,35	0,56	
3.551	Kruhové-odskok oblouk+přímý kus+oblouk	2xø200,R200/295,30°	0,43		1
3.552	Kruhové-osový přechod	ø250-ø200/200	0,14		1
3.552	Kruhové-osový přechod	ø250-ø200/200	0,28		2
3.553	Kruhové-jednostranná odbočka 90°	ø250-ø250-ø200/400	0,69		2
3.553	Kruhové-jednostranná odbočka 90°	ø250-ø250-ø200/400	0,69		2
3.554	Kruhové-přímá trouba	ø250/1230	0,97	1,23	
3.555	Kruhové-přímá trouba	ø250/988	0,78	0,99	
3.556	Kruhové-přímá trouba	ø200/195	0,12	0,19	
3.557	Kruhové-přímá trouba	ø200/625	0,39	0,62	
3.557	Kruhové-přímá trouba	ø200/625	0,39	0,62	
3.558	Kruhové-jednostranná odbočka 90°	ø250-ø250-ø125/300	0,52		2
3.559	Kruhové-přímá trouba	ø125/325	0,13	0,32	
3.560	Kruhové-jednostranná odbočka 90°	ø125-ø125-ø125/300	0,29		2
3.561	Kruhové-přímá trouba	ø125/590	0,23	0,59	
3.562	Kruhové-přímá trouba	ø250/246	0,19	0,25	
3.563	Kruhové-přímá trouba	ø125/57	0,02	0,06	
3.564	Kruhové-přímá trouba	ø125/1113	0,44	1,11	
3.565	Kruhové-přímá trouba	ø250/1500	1,18	1,5	
3.565	Kruhové-přímá trouba	ø250/1500	1,18	1,5	
3.565	Kruhové-přímá trouba	ø250/1500	1,18	1,5	
3.565	Kruhové-přímá trouba	ø250/1500	1,18	1,5	
3.565	Kruhové-přímá trouba	ø250/1500	1,18	1,5	
3.565	Kruhové-přímá trouba	ø250/1100	0,86	1,1	
3.565	Kruhové-přímá trouba	ø250/1500	1,18	1,5	

Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
3.565	Kruhové-přímá trouba	ø250/1100	0,86	1,1	
3.565	Kruhové-přímá trouba	ø250/1500	1,18	1,5	
3.565	Kruhové-přímá trouba	ø250/1100	0,86	1,1	
3.566	Kruhové-oblouk	ø250/R250,90°	0,62		2
3.567	Kruhové-přímá trouba	ø250/1029	0,81	1,03	
3.568	Kruhové-přímá trouba	ø250/1499	1,18	1,5	
3.569	Symetrický přechod	400x315-400x280/300	0,41		1
3.570	Symetrický přechod	560x315-560x280/300	0,5		1
3.571	Přímá trouba	400x280/1341	1,82	1,34	
3.572	Přímá trouba	400x280/1500	2,04	1,5	
3.572	Přímá trouba	400x280/1500	2,04	1,5	
3.572	Přímá trouba	400x280/1500	2,04	1,5	
3.572	Přímá trouba	400x280/1500	2,04	1,5	
3.573	Přímá trouba	400x280/795	1,08	0,8	
3.574	Symetrický přechod	400x280-355x280/300	0,38		1
3.575	Přímá trouba	355x280/1500	1,9	1,5	
3.575	Přímá trouba	355x280/1500	1,9	1,5	
3.575	Přímá trouba	355x280/1500	1,9	1,5	
3.575	Přímá trouba	355x280/1500	1,9	1,5	
3.575	Přímá trouba	355x280/1500	1,9	1,5	
3.575	Přímá trouba	355x280/1500	1,9	1,5	
3.575	Přímá trouba	355x280/1500	1,9	1,5	
3.575	Přímá trouba	355x280/1500	1,9	1,5	
3.575	Přímá trouba	355x280/1500	1,9	1,5	
3.576	Obrouk	355x280/R150,90°	2,87		2
3.577	Přímá trouba	355x280/468	0,59	0,47	
3.578	Přímá trouba	355x280/1140	1,45	1,14	
3.579	Odbočka 8 s přechodem	355x280-355x280-250x200/R150	0,7		1
3.580	Odbočka 1 s přechodem a kruhovým nástavcem	250x200-250x200-ø160	0,36		1
3.581	Přímá trouba	250x200/680	0,61	0,68	
3.582	Kruhové-přímá trouba	ø160/480	0,24	0,48	
3.583	Odbočka 7 s přechodem	250x200-200x200-200x200/R150	0,45		1
3.584	Symetrický přechod na spiro	200x200-ø160/200	0,29		1
3.585	Přímá trouba	200x200/1500	1,2	1,5	
3.586	Přímá trouba	200x200/1400	1,12	1,4	
3.587	Odbočka 1 s přechodem a kruhovým nástavcem	200x200-200x200-ø160	0,32		1
3.588	Symetrický přechod	200x200-200x100/200	0,12		1
3.589	Přímá trouba	200x100/1185	0,71	1,18	
3.590	Symetrický přechod na spiro	200x100-ø160/200	0,25		1
3.591	Kruhové-obrouk	ø160/R160,90°	0,25		2
3.592	Kruhové-přímá trouba	ø160/273	0,14	0,27	
3.593	Přímá trouba	355x280/1030	1,31	1,03	
3.594	Přímá trouba	355x280/920	1,17	0,92	
3.594	Přímá trouba	355x280/920	1,17	0,92	
3.594	Přímá trouba	355x280/920	1,17	0,92	
3.594	Přímá trouba	355x280/920	1,17	0,92	
3.595	Koleno od	355x355/R150,90°	1,02		2
3.596	Odbočka 2	355x280-315x280-355x280/655,R150	0,63		1
3.597	Přímá trouba	355x280/400	0,51	0,4	
3.598	Symetrický přechod na spiro	315x280-ø160/300	0,55		1
3.599	Kruhové-přímá trouba	ø160/697	0,35	0,7	

Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka [m]	Ks
3.600	Přímá trouba	355x280/685	0,87	0,69	
3.601	Rozbočka 3	355x280-2x280x280/655,R150	0,66		1
3.602	Symetrický přechod na spiro	280x280-ø250/300	1,27		2
3.603	Kruhové-přímá trouba	ø250/178	0,14	0,18	
3.604	Kruhové-přímá trouba	ø200/990	0,62	0,99	
3.605	Kruhové-přímá trouba	ø200/529	0,33	0,53	
3.606	Kruhové-přímá trouba	ø250/267	0,21	0,27	
3.607	Kruhové-přímá trouba	ø200/225	0,14	0,22	
3.608	Kruhové-odskok oblouk+přímý kus+oblouk	2xø250,R250/381,45°	0,57		1
3.609	Kruhové-přímá trouba	ø250/1182	0,93	1,18	
3.610	Symetrický přechod na spiro	400x280-ø250/300	1,42		2
3.611	Rozbočka 3	450x280-2x400x280/750,R150	0,95		1
3.612	Přímá trouba	400x280/274	0,37	0,27	
3.613	Kruhové-přímá trouba	ø250/989	0,78	0,99	
3.614	Kruhové-odskok oblouk+přímý kus+oblouk	2xø250,R250/219,30°	0,44		1
3.615	Přímá trouba	450x280/372	0,54	0,37	
3.616	Přímá trouba	450x280/1500	2,19	1,5	
3.616	Přímá trouba	450x280/1500	2,19	1,5	
3.616	Přímá trouba	450x280/1500	2,19	1,5	
3.616	Přímá trouba	450x280/1500	2,19	1,5	
3.617	Oblouk	450x280/R150,90°	1,99		1
3.618	Koleno od	450x280/R150,90°	1		2
3.619	Přímá trouba	450x280/278	0,41	0,28	
3.620	Symetrický přechod	500x280-450x280/300	0,44		1
3.621	Přímá trouba	500x280/300	0,47	0,3	
3.622	Přímá trouba	500x280/1500	2,34	1,5	
3.623	Oblouk	500x280/R150,60°	3,1		2
3.624	Přímá trouba	500x280/1189	1,86	1,19	
3.625	Asymetrický přechod	560x280-500x280/500,26	0,81		1
3.626	Kruhové-přímá trouba	ø200/331	0,21	0,33	
3.627	Přímá trouba	560x280/946	1,59	0,95	
3.628	Přímá trouba	560x280/1500	2,52	1,5	
3.629	Oblouk	560x280/R150,90°	11,01		4
3.630	Kruhové-přímá trouba	ø200/239	0,15	0,24	
3.630	Kruhové-přímá trouba	ø200/239	0,15	0,24	
3.631	Flexo-oblouk	ø200/R150,90°	0		2
3.632	Přímá trouba	560x315/776	1,36	0,78	
3.633	Přímá trouba	560x280/1338	2,25	1,34	
3.634	Přímá trouba	560x280/980	1,65	0,98	
3.635	Přímá trouba	560x280/1497	2,51	1,5	
3.636	Přímá trouba	315x560/1040	1,82	1,04	
3.637	Přímá trouba	315x560/1195	2,09	1,19	
3.638	Přímá trouba	450x400/860	1,46	0,86	
3.639	Přímá trouba	450x280/345	0,5	0,34	
3.640	Asymetrický přechod	550x550-315x450/300,-117.50	0,61		1
3.641	Oblouk	315x450/R150,90°	2,78		2
3.642	Přímá trouba	315x450/465	0,71	0,46	
3.643	Oblouk	315x450/R100,90°	1,16		1
<b>Plocha celkem [m<sup>2</sup>]: 852,78</b>					



Pozice	Název	Rozměry	Ks
1.001	Vzduchotechnická jednotka	dle specifikace	1
1.002	Elektrický vyvíječ páry	dle specifikace	1
1.003	Potrubní díl pro zvlhčovací trubici	560x560/1500	1
1.004	Venkovní kondenzační jednotka	dle specifikace	1
1.051	Tlumič hluku	2900x800/2500	1
1.052	Tlumič hluku	630x400/2000	1
1.053	Tlumič hluku	630x450/3000	1
1.054	Tlumič hluku	630x400/3000	1
1.201	Laminární strop	dle specifikace	1
1.251	Odsávací mřížka	425x225,0 RAL	4
1.252	Odsávací mřížka	425x125,0 RAL	4
1.301	Požární klapka-čtyřhranná	560x560	1
1.302	Požární klapka-čtyřhranná	500x315	1
1.303	Požární klapka-čtyřhranná	500x250	1
1.401	Protidešťová žaluzie	900x1100,RAL	2
1.402	Protidešťová žaluzie	900x1200,RAL	1
1.403	Výfuková hlavice Cagi	ø355	1
2.001	Vzduchotechnická jednotka	dle specifikace	1
2.002	Elektrický vyvíječ páry	dle specifikace	1
2.003	Potrubní díl pro zvlhčovací trubici	560x560/1000	1
2.004	Venkovní kondenzační jednotka	dle specifikace	1
2.052	Tlumič hluku	630x400/2000	1
2.053	Tlumič hluku	630x450/3000	1
2.054	Tlumič hluku	630x400/3000	1
2.201	Laminární strop	dle specifikace	1
2.251	Odsávací mřížka	425x225,0 RAL	4
2.252	Odsávací mřížka	425x125,0 RAL	4
2.301	Požární klapka-čtyřhranná	560x560	1
2.302	Požární klapka-čtyřhranná	500x315	1
2.303	Požární klapka-čtyřhranná	500x250	1
2.401	Výfuková hlavice Cagi	ø355	1
3.001	Vzduchotechnická jednotka	dle specifikace	1
3.002	Elektrický vyvíječ páry	dle specifikace	1
3.003	Potrubní díl pro zvlhčovací trubici	450x315/1500	1
3.004	Venkovní kondenzační jednotka	dle specifikace	1
3.005	Elektrický ohřívač-hranaté potrubí	dle specifikace	1
3.051	Tlumič hluku	630x450/2000	1
3.052	Tlumič hluku	630x450/3000	1
3.053	Tlumič hluku	630x450/3000	1
3.101	Uzavírací klapka kruhová	ø160	8
3.102	Uzavírací klapka kruhová	ø200	11
3.103	Uzavírací klapka kruhová	ø250	5
3.201	Anemostat čtyřhranné potrubí	300x300	14
3.251	Anemostat čtyřhranné potrubí	400x400	4
3.252	Anemostat čtyřhranné potrubí	300x300	4
3.253	Kruhový ventil	ø200	6
3.254	Kruhový ventil	ø125	4
3.301	Požární klapka-kruhová	ø200	1
3.302	Požární klapka-kruhová	ø250	1
3.303	Požární klapka-čtyřhranná	400x315	1
3.304	Požární klapka-čtyřhranná	560x315	1
3.501	Výfukový díl čtyřhranný	560x315 RAL	1